1re ANNÉE N° 3 15 FÉVRIER 1890

REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

ÉTUDES RÉCENTES SUR LES COMÈTES ET LES ÉTOILES FILANTES

De tout temps l'apparition des comètes a vivement frappé les imaginations et partout ces astres ont été considérés comme des présages, heureux ou malheureux suivant les circonstances, mais en général malheureux et même terribles. Jusqu'à la fin du XVIe siècle on les considéra, avec Aristote, comme de simples *météores*, c'est-à-dire comme des phénomènes ayant leur siège dans l'atmosphère terrestre ; et par suite on ne crut pas utile d'observer leurs routes dans le ciel. A cette époque, elles renversèrent l'hypothèse si persistante de l'incorruptibilité des cieux, qui les emprisonnait dans l'orbite de la lune ; en même temps elles prirent rang parmi les astres et on commença de les observer ; mais leur vraie route ne fut découverte que par Newton. Dès ce moment, il fut possible de fixer leur véritable orbite parmi les planètes et leur apparition n'eut plus rien de merveilleux. La découverte de la périodicité de la comète de Halley augmenta l'intérêt qui s'attachait à leur étude et à partir du XVIIIe siècle on ne se contenta plus de les observer quand elles se présentaient fortuitement ; on les chercha avec assiduité : Messier le premier s'est acquis dans cette sorte d'investigation une grande célébrité. Depuis lors, l'intérêt présenté par les comètes ne s'est pas affaibli ; on les cherche aujourd'hui avec tant de zèle que certaines d'entre elles, quoique faibles, sont découvertes à peu près en même temps par plusieurs astronomes. On les étudie ensuite aussi longtemps que le permettent les puissants instruments dont on dispose, parce qu'elles ont fourni sur la constitution de l'Univers des données extrêmement importantes, et promettent de nous révéler encore bien des secrets. De plus, en raison des difficultés que présente le calcul de leurs perturbations, elles sollicitent les efforts des Analystes et contribuent ainsi aux progrès des Mathématiques elles-mêmes.

I. — Nombre des comètes

Le nombre de comètes vues jusqu'ici et dont il a été possible de calculer les orbites s'élève à près de 350, parmi lesquelles 13 ont été vues plusieurs fois avec certitude, de sorte que leur périodicité est bien établie ; 17 autres (1), vues une seule fois, ont des périodes inférieures à 100 ans, mais il est prudent de ne pas les inscrire définitivement sur la liste des comètes périodiques, car certaines d'entre elles n'ont pas été revues aux époques indiquées par le calcul, soit par suite de leur désagrégation, soit à cause de perturbations qu'elles ont subies de la part des grosses planètes. Ces perturbations, qui ont pu changer complètement leurs routes, ne peuvent être calculées avec précision, parce que, en général, les observations d'une seule apparition sont insuffisantes pour bien déterminer les éléments de l'orbite, particulièrement le grand axe.

Les anciens avaient remarqué seulement les comètes les plus brillantes ; jusqu'à l'invention des lunettes on en trouve à peine 44 dont on ait pu dé-

(1) Il faudrait peut-être les réduire à 15, car Le Verrier a montré presque avec certitude que la comète de Vico est la même que celle de 1678 ; et la comète de Blanpain (1819) pouvait être identique avec celle de Grischow (1743).

terminer les orbites, et tant mal que bien d'ailleurs, parce que, comme je l'ai déjà dit, on ne cherchait pas à fixer leurs positions avec exactitude.

C'est en 1678 que fut rencontrée la première comète télescopique : découverte par La Hire à Paris avec une lunette, elle resta toujours invisible à l'œil nu. Le total de celles qui ont été découvertes avant 1700 et dont on a pu calculer les orbites est de 62 ; le XVIII^e^ siècle en vit découvrir à peu près autant (59) ; le XIX^e^ siècle sera plus riche encore, car de 1801 à 1890 il en a été observé 208 (1).

En 1889, il en a été découvert *sept* dont l'une [*d* 1889 = 1889 V (2)], trouvée par M. R. Brooks, à Geneva (Etat de New-York), le 6 juillet, est des plus intéressantes : d'abord elle est périodique et sa durée de révolution est assez courte, car une détermination provisoire donne sept ans. En 1886 elle a passé très près de Jupiter qui a dû changer considérablement son orbite. [M. Chandler pense qu'elle pourrait être identique à la célèbre comète de Lexell (1770 II).

En outre, elle était accompagnée de plusieurs autres petites comètes qui sans aucun doute se sont formées à ses dépens.

II. — Le milieu résistant

La comète d'Encke, appelée aussi comète de 1200 jours parce que c'est à peu près sa période, présente une anomalie très remarquable en ce que la durée de sa révolution diminue progressivement, ainsi que Encke le reconnut le premier ; cette découverte a été confirmée par les calculs de von Asten et de M. Backlund : de 1819 à 1868, le retour au périhélie s'est ainsi avancé de 12 jours. Mais cette diminution de la durée de révolution, régulière jusqu'à 1868, a changé par suite de causes encore inconnues : on attribue le fait à une modification dans la constitution physique de la comète. L'accélération du moyen mouvement, qui était d'abord de 0″10, n'est plus que de 0″05, d'après les observations faites de 1871 à 1885. Le calcul des perturbations de cette comète est rendu d'ailleurs doublement pénible par la rapidité de son mouvement et par son passage fréquent près de diverses planètes, qui la troublent fortement. Ainsi, en 1838 et en 1878, elle s'est beaucoup rapprochée de Mercure ; les perturbations produites par cette planète étaient alors assez considérables pour fournir une détermination nouvelle de sa masse : en admettant que l'accélération du moyen mouvement de la comète n'ait pas varié de 1881 à 1885, M. Backlund a trouvé pour la masse de Mercure (celle du soleil étant prise pour unité) $\frac{1}{2.668.700}$ valeur à peu près double de celle qui était généralement admise.

Encke expliqua l'accroissement de vitesse de sa comète par l'action d'un *milieu résistant* hypothétique qui, à chaque instant, courbant un peu plus la route de la comète, la rapprocherait du Soleil et diminuerait ainsi la durée de sa révolution.

Déjà en 1744, de Chézeaux avait émis l'idée d'un milieu répandu dans l'espace céleste et exerçant une certaine extinction sur la lumière ; Euler, Bossut, Laplace, etc., examinèrent successivement l'influence qu'un tel milieu pourrait avoir sur les mouvements des astres.

La découverte de l'accélération du moyen mouvement de la comète d'Encke donna une assez grande probabilité à l'existence de ce milieu, dont Encke supposait la résistance proportionnelle au carré de la vitesse de l'astre et à l'inverse du carré de la distance au Soleil.

En 1861 les recherches de M. A. Mœller firent naître l'espoir que la comète de Faye présenterait un second exemple de l'énigmatique accélération ; mais dans la suite il a été possible de représenter les observations en ne faisant intervenir que la seule loi de l'attraction universelle.

Plus tard Oppolzer crut rencontrer une accélération analogue pour la comète de Winnecke ; mais les recherches plus approfondies que M. de Hœrdtl vient de publier montrent qu'il n'y en a aucune trace.

La comète d'Encke offre donc le seul exemple jusqu'ici connu de cette anomalie ; il est vrai que, de toutes les comètes périodiques, c'est celle qui se rapproche le plus du Soleil ; mais des comètes non périodiques s'en rapprochent beaucoup plus encore ; telle fut la grande comète de 1882 dont on obtint de bonnes positions avant son passage au périhélie et qui rasa presque la surface du Soleil. Si le milieu résistant existait, du moins tel que le concevait Encke (1), son action, proportionnelle à l'inverse du carré du rayon vecteur, aurait dû être notable, et cependant M. Kreutz a pu représenter toutes les observations sans faire intervenir un tel milieu.

Ce résultat, rapproché de la variation inexpliquée de 1868, est peu favorable à l'existence d'un milieu résistant, repoussée autrefois par Bessel et combattue encore il y a quelques jours par M. Faye. Toutefois avant de l'abandonner défini-

(1) En comptant pour une seule les diverses apparitions de la même comète périodique.

(2) C'est-à-dire la quatrième (*d*) comète découverte en 1889, et la cinquième (V) de la même année dans l'ordre des passages au périhélie. De même *e* 1888 = 1889 I, désigne la cinquième (*e*) comète découverte en 1888, mais qui a passé au périhélie qu'en 1889 et la première de cette année.

(1) Oppolzer pensait qu'il faudrait tenir compte, en outre, de la densité de la matière cométaire, avec laquelle peut varier la résistance du milieu.

tivement, il est bon d'attendre que l'on ait étudié complètement la comète de Brorsen, la seconde des comètes périodiques dans l'ordre des distances au Soleil, et dont la théorie a été un peu négligée.

III. — Comètes doubles ou multiples

La division de la comète découverte en 1889 par M. Brooks a rappelé l'attention sur les comètes multiples. Les anciens nous ont laissé la description de comètes qui se sont partagées; mais leurs récits furent traités de fables jusqu'au premier dédoublement bien constaté, celui de la célèbre comète périodique de Biéla, dont la durée de révolution est de 6 ans $\frac{3}{4}$: elle se dédoubla vers la fin de 1845 et fut revue en 1852, époque où les deux parties étaient fort écartées. Elle n'a plus été aperçue depuis, bien qu'en 1865 par exemple elle se trouvât dans d'excellentes conditions de visibilité. En 1872 et en 1885 elle devait être voisine de la Terre; on la considère comme l'origine des pluies extraordinaires d'étoiles filantes du 27 novembre de ces deux années.

La comète 1860 I, découverte à Olinda (Brésil) par M. Liais, fournit le second exemple de comète double.

La grande comète de 1882 (1882 II) qui fut visible en plein jour les 18 et 19 septembre, et dont le noyau se divisa sous les yeux des observateurs, était accompagnée de fragments cométaires assez nombreux, remarqués principalement par M. Barnard. Aussi il a examiné, dit-il, depuis cette époque les environs des nombreuses comètes qu'il a observées; c'est ainsi qu'il a découvert, le 1er et le 2 août 1889, divers compagnons (ou petites comètes secondaires) très voisins de la comète Brooks et dont le plus brillant a été observé assez longtemps : il avait une queue dirigée comme celle de la comète elle-même ; il s'écartait assez rapidement de celle-ci en ligne droite, ce qui montre bien qu'il s'était formé aux dépens de la comète même, et à une époque très peu éloignée.

Ces divisions de comètes soulèvent des questions du plus haut intérêt. Se produisent-elles sous l'influence de perturbations extérieures ou de causes intestines? C'est ce que l'on ignore exactement; à priori on conçoit plusieurs causes : si par exemple une comète passe très près d'une planète, les différences d'action de celle-ci sur les diverses parties de la comète seront considérables et il pourrait en résulter un commencement de division qui se continuerait ensuite.

Pour la comète Brooks de 1889 certains observateurs ont vu la queue du compagnon principal se prolonger jusqu'à la comète même; et tandis que l'éclat de la comète diminuait, celui du compagnon allait en augmentant, comme si une portion de la comète s'était écoulée dans le compagnon. Les deux parties de la comète de Biéla avaient déjà offert des fluctuations de ce genre, l'une augmentant d'éclat, quand l'autre diminuait.

Les changements intérieurs que subissent les comètes se manifestent d'autres fois par de grandes variations d'éclat, dues sans doute à des éruptions, mais dont la cause nous échappe également. Ainsi la comète périodique Pons-Brooks, dont la durée de révolution est de 71 ans $\frac{1}{2}$ et qui a été visible en 1883-84, a présenté à plusieurs reprises des variations d'éclat considérables et presque subites; plus récemment, la comète Sawerthal (1888 I) a présenté des fluctuations plus considérables encore avec cette circonstance remarquable que, lorsque le noyau devenait plus brillant, la nébulosité perdait de son éclat, et inversement; pour la comète de Halley on avait déjà remarqué cette sorte de compensation entre l'éclat du noyau et celui de la chevelure.

IV. — Origine des comètes

Les comètes périodiques sont généralement faibles; soumises plus longtemps que les autres à l'action des planètes, elles doivent se diviser plus rapidement que les comètes non périodiques; on a vu en effet avec quelle rapidité s'est dispersée la matière qui formait celle de Biéla. Puisqu'elles se désagrègent ainsi, comment se fait-il que toutes n'aient pas encore disparu en lambeaux? C'est, sans doute, ce qui aurait déjà eu lieu, si elles ne se renouvelaient point. Quelle est donc l'origine des comètes? Pour certains astronomes elles appartiennent toutes et toujours au système solaire; toutes seraient périodiques, décrivant des ellipses plus ou moins allongées dont le Soleil occuperait un des foyers. Les comètes seraient alors le résidu de la nébuleuse primitive aux dépens de laquelle a été formé le système solaire, ou, suivant d'autres, des matériaux provenant des grosses planètes et projetés dans l'espace par des volcans, auxquels on peut supposer, en remontant assez haut, beaucoup plus d'énergie qu'à ceux qui sont en activité sous nos yeux. Mais l'hypothèse la plus généralement adoptée est celle de Laplace, d'après laquelle les comètes, venant de l'espace inter-stellaire, marchent à l'origine sur des orbites paraboliques ou hyperboliques, pénètrent dans le système solaire en étrangères pour en ressortir le plus souvent, mais quelquefois s'y trouvent fixées par l'action perturbatrice d'une planète; dans d'autres cas cette planète peut déformer leur ellipse actuelle, la transformer en parabole ou en hyperbole et rejeter ainsi la comète hors du système solaire.

Tel a été sans doute le cas de la célèbre comète de Lexell (1770 II), découverte à Paris par Messier le 14 juin 1770, et à laquelle Lexell reconnut une durée de révolution de 5 ans $\frac{1}{2}$. Mais, se demanda-t-on aussitôt (1), « comment se peut-il faire qu'une comète qui revient à nous tous les cinq ans et demi ait été observée pour la première fois en 1770? » Citons textuellement la réponse de Lexell : c'est l'origine de la théorie de la capture des comètes périodiques par les planètes (2) : « On pourrait, dit-il, hasarder plusieurs conjectures, pour rendre raison d'un événement si singulier, mais je me contenterai d'en proposer une qui paraît très probable. Comme la distance aphélie de la comète au Soleil est presque égale à la distance de Jupiter à cet astre, il naît de là un soupçon qu'il a pu se faire que le mouvement de cette comète fut autrefois dérangé par l'action de Jupiter, de manière qu'elle ait décrit une orbite toute différente de celle qu'elle parcourt actuellement : on trouve par le calcul que cette comète a été en conjonction avec Jupiter, le 27 mai 1767, et que la distance de l'une à l'autre n'était que $\frac{1}{580}$ de la distance de la comète au Soleil, d'où, ayant égard aux masses de Jupiter et du Soleil, on conclut que l'action de Jupiter sur la comète était trois fois plus grande que celle du Soleil, et que par conséquent elle a été assez forte pour changer le mouvement de cette comète d'une manière d'autant plus sensible, que n'ayant dans son aphélie qu'un mouvement fort lent, elle a été exposée plus longtemps à l'action de Jupiter. » Lexell ajoute qu'en 1779 la comète passerait plus près encore de Jupiter qu'en 1767 et que par suite la comète subirait « un changement total dans son mouvement ». Et cette comète n'a peut-être pas été revue depuis (3). Le résultat singulier auquel était parvenu Lexell ne devait être admis qu'après les preuves les plus incontestables, et, pour les acquérir, l'Institut proposa comme sujet de prix pour l'an IX la détermination de l'orbite de cette comète. Le mémoire couronné, celui de Burckhardt, conduisit à peu près aux résultats antérieurs, sur lesquels il ne resta plus alors aucun doute. Laplace confirma ensuite l'hypothèse de Lexell en faisant calculer l'action de Jupiter en 1767 et en 1779 : il trouva que la comète avait dû être invisible avant la première de ces époques et le redevenir après la dernière. Le Verrier, qui a depuis repris la question en la serrant de plus près, n'est pas aussi affirmatif, mais il résulte de son travail que la comète, après 1779, a pu s'échapper sur une orbite hyperbolique.

Cette question si intéressante de la capture des comètes par les planètes n'avait été abordée jusqu'ici que par des calculs numériques, et on n'avait pas donné d'indications générales sur le mécanisme de la transformation radicale qu'une planète (et en particulier Jupiter, la plus grosse de toutes) peut opérer sur une orbite cométaire donnée. Cette lacune vient d'être comblée par M. Tisserand (1) qui a montré que l'action de Jupiter s'exerçant sur une comète parabolique dont les éléments ont entre eux des rapports convenables, pourrait la transformer, même en une seule fois, en une comète elliptique analogue à un grand nombre de celles qui sont actuellement fixées dans le système solaire. Il existe même deux *criteria* permettant de juger si des comètes vues à diverses époques peuvent être des apparitions d'une seule, dont les éléments auraient été fortement modifiés dans l'intervalle par l'action perturbatrice d'une planète. Dans le cours de son travail, M. Tisserand a donné à l'un de ces criteria une forme élégante sur laquelle M. Schulhof a présenté quelques considérations intéressantes (2).

Afin de compléter le tableau de l'état actuel de la question, ajoutons que pour certains astronomes, M. Bredichin par exemple, les comètes périodiques devraient leur origine à la segmentation de comètes paraboliques dont elles se seraient violemment détachées par un phénomène éruptif. De son côté enfin, M. Kirkwood assimile certaines comètes périodiques aux astéroïdes, tout en admettant d'une manière générale que les comètes sont à l'origine étrangères au système solaire.

V. — Figure des comètes; leur spectre

La figure des comètes et les formes de leurs queues sont depuis quelques années l'objet d'études suivies, résumées par M. Faye dans une savante notice insérée dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes pour* 1883. Un point sur lequel tout le monde s'accorde, c'est que la formation des queues prouve l'existence d'une force répulsive ayant son origine dans le Soleil. Diverses hypothèses ont été proposées sur sa nature : pour Olbers, Bessel, elle était d'origine électrique; pour M. Faye elle naîtrait de la propriété qu'auraient tous les corps incandescents de repousser

(1) Pingré, Cométographie, t. II, p. 89.
(2) Mémoires de l'Académie des sciences, 1776, p. 648.
(3) M. Schulhof vient d'annoncer qu'il espère l'identifier à la comète de Finlay (1886, VII); de son côté M. Chandler tense qu'elle peut être identique à la comète découverte uop 889 par M. Brooks : ses arguments sont très sérieux, mais on ne pourra se prononcer avant d'avoir une détermination plus exacte de la durée de révolution de cette comète Brooks (1889, V).

(1) Bulletin astronomique, t. VI, p. 241 et 289.
(2) Bulletin astronomique, t. VI, p. 465 et 513.

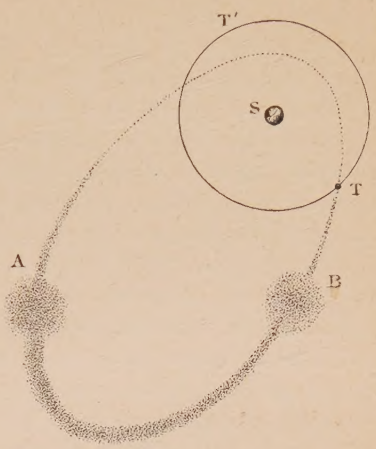
les matériaux réduits à une excessive ténuité.

La matière des comètes révèle ordinairement sa nature au spectroscope par trois bandes brillantes qui coïncident avec quelques-unes des raies des hydrocarbures. Outre ces bandes, pour la première fois en 1882 on a observé dans un spectre cométaire (Comète Wells, 1882 I) la présence des raies du sodium, qui n'ont paru que lorsque la comète a été très voisine du Soleil, alors que les bandes ordinaires avaient déjà disparu. Cette particularité prouverait-elle pour cette comète une origine cosmique différente des autres? On ne le croit pas en général. M. Hasselberg pense que les raies du sodium ne seraient visibles qu'à la suite d'une action électrique se manifestant à une faible distance du Soleil, action qui en outre ferait disparaître les bandes des hydrocarbures. Cette manière de voir se trouve confirmée par la grande comète de la même année (1882 II), dont le spectre présentait, au voisinage du Soleil, uniquement les raies du sodium; plus tard, quand elle s'en fut éloignée, on aperçut les raies des hydrocarbures tandis que celles du sodium disparaissaient.

VI. — Étoiles filantes; bolides

On a vu que les comètes se désagrègent; que deviennent les fragments qui en résultent? Ils donnent naissance à des étoiles filantes. Depuis les travaux de Schiaparelli, de Le Verrier, etc., on sait, en effet, que des essaims d'étoiles filantes circulent dans les orbites de quelques comètes; en outre, M. Schiaparelli a montré qu'un essaim de corpuscules attirés par le Soleil doit se déformer peu à peu sous l'influence de cette attraction, en s'allongeant le long de l'orbite même que décrit son centre et former ainsi une sorte de chaîne parabolique; il a reconnu ensuite qu'une planète peut donner lieu à la formation d'un courant elliptique par la perturbation qu'elle exerce sur un essaim ayant une orbite de forme quelconque avant le commencement de cette action.

On a été ainsi amené à considérer les comètes comme des amas de matière nébuleuse attirés dans notre système par l'action prépondérante du Soleil, et subissant de sa part, comme de celle des grosses planètes près desquelles ils viennent à passer, une déformation progressive qui les allonge en courants paraboliques ou elliptiques, tels que ABT, et sur lesquels la matière est très inégalement distribuée ; elle est divisée en une multitude d'amas partiels, sortes de flocons d'une excessive légèreté qui n'ont de commun en chaque point que les directions et les vitesses de leurs mouvements. Mais si, dans quelque partie de l'amas primitif ou du courant qu'il a formé, il existe une ou plusieurs concentrations, de sorte que, par l'attraction mutuelle, la matière y résiste à une dissolution en flocons isolés, ces parties, telles que A et B, pourront



être vues à de grandes distances; elles constitueront autant de comètes faisant partie du courant météorique, dans lequel elles pourront se fondre dans la suite jusqu'à cesser d'être visibles à l'état de comète isolée : c'est ce qui a dû arriver pour la comète de Biéla. Si ce courant coupe l'orbite terrestre en un point T, tous les ans, en passant par ce point, la Terre rencontrera des corpuscules qui, par leur passage à travers notre atmosphère, donneront naissance à des étoiles filantes, à des flux périodiques d'intensité variable, suivant le plus ou moins grand rapprochement des flocons nébuleux. Le passage par le point T d'une partie plus dense de l'anneau pourra donner naissance à ces recrudescences périodiques mentionnées depuis bien longtemps pour les étoiles filantes du 10 août.

Quant aux étoiles filantes qui se meuvent indistinctement de tous les côtés, et connues depuis Olbers sous le nom d'étoiles filantes *sporadiques*, elles peuvent provenir de flocons nébuleux arrivant isolément des profondeurs de l'espace ou de courants météoriques fortement dispersés par de puissantes attractions.

On évalue à environ 100 millions le nombre d'étoiles filantes que reçoit la surface entière de la Terre en un jour. En fixant, d'après A. Herschel, le poids moyen d'une étoile filante à 5 grammes, ce serait un poids total de 500,000 kilogrammes par jour au minimum, car on ne tient pas compte du nombre d'étoiles filantes invisibles à l'œil nu et qu'on aperçoit dans les lunettes, non plus que des poussières cosmiques invisibles. Avec ces données, on a calculé que la densité moyenne du milieu interplanétaire, à la distance 1 du Soleil, est à celle de l'eau comme 1 est à 10 suivi de 21 zéros, 10^{22}; mais près du Soleil, où viennent s'entrecroiser tous les courants de corpuscules, cette densité doit être

bien plus forte ; cependant elle ne pourrait dépasser 1 : 10^{18} sans donner lieu à une couronne plus brillante que celle qu'on observe autour du Soleil, pendant les éclipses.

Comment se produit la lumière des étoiles filantes ? On l'explique ordinairement par la transformation de leur mouvement en chaleur, par suite du frottement de l'air ; mais récemment M. Minary a combattu cette manière de voir, et M. Cornu ne paraît pas éloigné d'attribuer l'illumination de la trajectoire des étoiles filantes à un développement ou à une décharge d'électricité statique, sans élévation considérable de température.

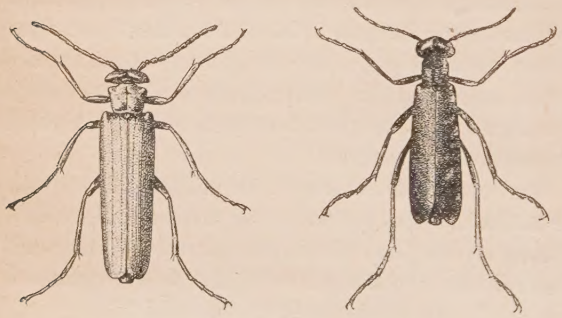
Quant aux bolides, beaucoup d'astronomes les considèrent comme ayant même origine que les étoiles filantes et les comètes ; mais les minéralogistes opposent à cette assimilation des objections tirées principalement de la structure interne des aérolithes, et M. Faye admet l'hypothèse de Lagrange, d'après laquelle les bolides seraient des matières d'origine planétaire, lancées dans l'espace par les volcans et rencontrant la Terre après avoir erré plus ou moins longtemps dans l'espace.

Le système solaire, qui de prime abord se limite aux planètes principales, est donc parcouru en tous sens par un nombre incalculable de corps de toutes dimensions. A la simplicité primitive succède en apparence une complexité extrême. Mais tous ces corps, du plus grand au plus petit, obéissent à la même loi, celle de l'attraction newtonienne ; chaque fois qu'une exception s'est présentée, étudiée avec soin, elle a conduit à de nouvelles découvertes et à une éclatante confirmation de la règle générale. Cependant les phénomènes cométaires, l'action mystérieuse du Soleil sur l'aiguille aimantée, etc., montrent que d'autres forces exercent aussi leur action dans le système solaire ; peut-être sont-elles au fond de la même nature que la cause inconnue qui produit l'attraction : à l'avenir est réservé le soin de soulever le voile qui nous cache encore ces relations.

G. Bigourdan.
Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris.

LES INSECTES VÉSICANTS

C'est Duméril (1800) qui le premier appliqua le nom de *Vésicants* à une tribu de Coléoptères dont les principaux types, Cantharide (fig. 1), Meloé (fig. 2), Mylabre (fig. 3), sont renommés, depuis des siècles et par tous les pays, pour la propriété dont jouissent leurs préparations de développer une ampoule lorsqu'on les applique sur la peau.



Cantharide ordinaire. Epicauta verticalis.

Fig. 1. — Deux espèces de Cantharides.

Cette dénomination, après diverses alternatives, fut définitivement adoptée par Mulsant, dans la monographie qu'il publia en 1857. Les recherches les plus récentes ont démontré combien Duméril et Mulsant avaient été heureusement inspirés, car il est hors de doute aujourd'hui, d'une part que *tous* les Insectes de la tribu sont vésicants (1), d'autre part qu'*aucun* autre insecte ne jouit de cette propriété.

I

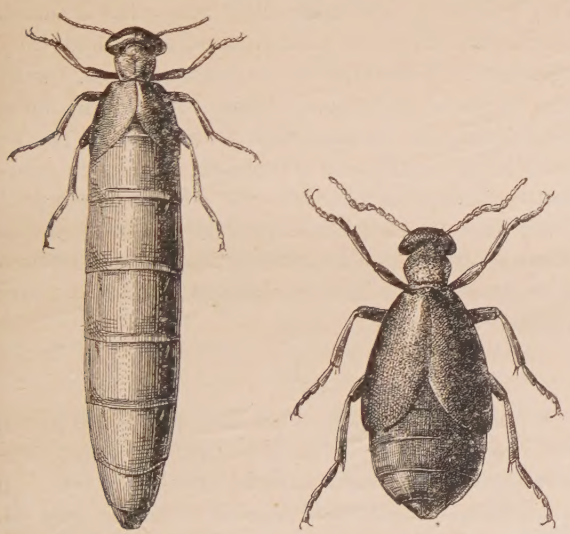
On sait que c'est à la *cantharidine*, principe découvert par Robiquet (1813), que sont dues les propriétés irritantes ou épispastiques des insectes vésicants. Pour déceler la présence de la cantharidine, on peut avoir recours à la méthode chimique ou à la méthode physiologique.

La première consiste dans l'emploi du chloroforme et surtout de l'éther acétique qui permettent d'isoler facilement le principe actif et de l'obtenir cristallisé. Quant à la méthode physiologique, elle a été employée dès 1828 par Bretonneau. On fait agir l'un des dissolvants ci-dessus sur l'espèce étudiée, et on applique l'extrait gras obtenu soit sur les lèvres d'un jeune animal, soit sur la peau. Une ampoule se produit d'autant plus rapidement que l'extrait est plus riche en cantharidine.

Nos recherches nous ont conduit à ce résultat que nous énonçons plus haut, à savoir que tous les

(1) Il faut en excepter toutefois le petit groupe des Horiides, assez récemment réuni à la tribu des Vésicants et qui devrait peut être en être séparé, pour diverses raisons.

insectes de la tribu sont vésicants. On observera toutefois qu'il y a des degrés suivant l'espèce considérée. Ainsi c'est parmi les Mylabres qu'on trouve les espèces les plus riches en cantharidine. Certaines d'entre elles en renferment jusqu'à 12^{gr}, pour 1000, tandis que la cantharide ordinaire n'a jamais donné plus de $6^{gr}35$ de principe actif pour 1000. Les Meloés (fig, 2) qu'on emploie beaucoup dans nos campagnes et dans la médecine vétérinaire peuvent renfermer comme les Mylabres, suivant les espèces analysées, jusqu'à 12 pour 1000 de cantharidine. On ne doit pas oublier, en comparant les résultats des analyses, que dans une même espèce, voire dans un même individu, la proportion en principe actif est soumise à certaines influences dont quelques-unes sont encore assez mal connues d'ailleurs. Abstraction faite de l'état de conservation des échantillons examinés, il est hors de doute que les conditions physiologiques dans lesquelles se trouvent les insectes au moment de la récolte sont susceptibles de faire varier dans une grande mesure les proportions de cantharidine La nourriture plus ou moins abondante dont ils disposent dans le lieu où ils se trouvent, l'époque plus ou moins rapprochée de l'accouplement, sont autant de conditions dont il faut tenir compte, ainsi que je m'en suis assuré. Les cantharides



Meloe majalis. Meloe proscarabeus.

Fig. 2. — Maloés.

abondamment nourries sont beaucoup plus actives que celles que l'on soumet à la diète; de même l'époque de l'activité sexuelle est incontestablement celle où le pouvoir vésicant est le plus grand, ce qui se comprend aisément puisque, dans les conditions biologiques normales, c'est le moment où la vie de l'insecte atteint sa plus grande intensité.

En tenant compte de ces diverses conditions, on s'explique comment le rendement en cantharidine peut varier considérablement d'une récolte à l'autre. C'est ainsi que des cantharides de France (récolte 1866) ont pu donner à M. Fumouze, tantôt 4 gr. 80 de cantharidine, tantôt 2 gr. 75 seulement par kilogramme d'insectes. De même, des cantharides d'Allemagne (récolte 1866) lui ont donné 4 gr. 35 de cantharidine, tandis qu'il n'en avait obtenu que 2 gr. 15 ou même 1 gr. 70 de cantharides de même provenance (récolte 1865). Des écarts semblables ont d'ailleurs été relevés par divers expérimentateurs.

Il est bien établi, comme je le disais plus haut, que tous les insectes de la tribu des Vésicants jouissent de propriétés épispastiques. Il est établi de même que ce caractère leur appartient en propre. Quelques Coléoptères, tels que les Carabes, les Chrysomèles, les Coccinelles, appliqués sur la peau, y déterminent de la rougeur, parfois même une légère éruption, mais aucun n'est réellement vésicant, car aucun ne renferme de la cantharidine. En dehors des Coléoptères, on a attribué à quelques insectes des propriétés de même ordre. C'est ainsi qu'un Hémiptère, une Cigale (*Cicada sanguinolenta*, Oliv.; *Huechys vesicatoria*, Port.) est employée en Chine comme vésicant, dans certaines maladies et principalement contre la rage. Les analyses et les expériences les plus récentes (Brongniart et Arnaud, Fumouze) ont démontré l'absence de toute trace de cantharidine chez cette Cigale. J'ai moi-même expérimenté sur cette espèce et il m'a été impossible de déceler la présence du principe actif. On cite encore une Araignée (*Tegenaria medicinalis*) qui serait employée comme vésicant dans diverses parties de l'Amérique; ce que l'on sait des Arachnides laisse à penser qu'on a attribué une vertu épispastique à cet insecte en raison du pouvoir irritant du venin qu'il sécrète.

C'est donc un fait bien acquis : la cantharidine n'existe que chez les Vésicants. On s'est longtemps demandé où siège le principe actif chez ces insectes. Il résultait des analyses faites dans le but d'élucider ce point que les *parties molles* étaient incomparablement plus riches en cantharidine que les *parties dures*. C'est l'abdomen que l'on considérait comme *parties molles*, la tête, les pattes et les élytres étant les *parties dures*. Mes recherches sur la Cantharide m'ont permis d'y déterminer d'une façon plus précise le siège exact de la cantharidine. Celle-ci est localisée d'une part dans les organes génitaux de l'insecte, et d'autre part dans le sang. Chez le mâle, c'est spécialement la troisième paire de vésicules séminales, à l'exclusion des autres parties de l'appareil génital, qui renferme la substance active; chez la femelle, c'est à la fois la poche copulatrice et les ovaires. Les œufs, après la ponte comme dans l'ovaire, manifestent un très énergique pouvoir vésicant.

II

Les insectes vésicants, si bien caractérisés par leurs propriétés épispastiques, le sont également par diverses particularités de structure telles que la mollesse de leurs téguments et la bifidité des ongles qui terminent les tarses ainsi que par un faciès très particulier qui les distingue aisément des autres Coléoptères. Il y a cependant entre leurs différents genres des caractères parfois très tranchés, mais qui n'enlèvent rien au faciès général que l'inclinaison en bas de la tête, la forme et le développement du corselet contribuent pour une grande part à leur donner. Leur livrée est ordinairement assez sombre, et en dehors de quelques teintes à reflets métalliques brillants (la Cantharide est d'un beau vert doré et certains Meloés d'un bleu métallique) c'est le noir avec le jaune ou le rouge qui font tous les frais de leur parure. D'ailleurs, il est difficile d'imaginer jusqu'à quel point ces 2 ou 3 couleurs peuvent donner lieu dans leur répartition et leur arrangement à des figures variées. Les Mylabres (fig. 3), sous ce rapport,

Mylabris sidœ. Mylabris melanura.

Fig. 3. — Mylabres.

constituent à coup sûr le groupe d'insectes le plus intéressant qu'on puisse voir. Il comprend en effet plusieurs centaines d'espèces chez lesquelles les seules différences ne consistent parfois que dans le nombre ou la forme des ponctuations jaunes qui s'espacent sur le fond noir des élytres ou dans l'épaisseur des lignes noires qui traversent le fond jaune.

Quand on étudie la distribution géographique des Vésicants, on est frappé de voir qu'un groupe d'insectes relativement aussi peu considérable présente une répartition aussi étendue. En fait, il existe des Vésicants dans toutes les parties du monde, et certains genres comptent des représentants dans toutes les régions. Tels sont, par exemple, le genre Cantharis et le genre Meloé qu'on trouve en Europe, en Asie, en Afrique et en Amérique. On en a même signalé dans des îles plus ou moins éloignées des continents, comme Madère et Madagascar. Mais ce ne sont pas seulement ces genres, très riches en espèces, qui se disséminent ainsi dans toutes les contrées du globe; ce sont aussi quelques genres beaucoup moins bien partagés sous le rapport du nombre, tels que *Zonitis* et *Nemognatha*. On trouve, en effet, des Zonitis en Europe, en Asie, en Afrique, en Amérique et en Australie; des Nemognathes en Espagne, en Grèce, en Afrique, en Sibérie et dans les deux Amériques.

Par contre, certains genres font absolument défaut dans des parties déterminées du globe. Les Mylabres, par exemple, qui abondent en Asie et en Afrique, manquent absolument en Amérique. Cette absence totale de Mylabres et de représentants des genres voisins donne à la faune américaine un caractère très particulier que vient compléter la présence de genres qui lui sont propres, tels les *Tricrania*, *Tetraonyx*, *Henous*, *Megetra*, *Macrobasis*, *Pyrota*, etc., qui sont des genres qu'on ne trouve que dans cette région. La faune asiatique et la faune africaine, remarquables par l'abondance des Mylabres, ont entre elles beaucoup d'autres points communs et sont, par suite, moins bien nettement définies que la faune américaine. Quant à la faune européenne, elle est en quelque sorte synthétique, la plupart des genres y étant représentés. Sa situation géographique l'explique aisément, ainsi que les variétés de climat qu'elle présente du nord au midi. Rappelons toutefois que la faune d'Europe peut se caractériser par l'existence d'un genre qui lui est absolument propre, le genre *Sitaris*.

III

Le genre *Sitaris* (fig. 4) est devenu célèbre parmi les Vésicants, car, s'il n'est pas employé en thérapeutique, vu sa petite taille et sa rareté relative, il a fait l'objet des premières recherches de M. J.-H. Fabre sur le développement des Vésicants. Je n'ai pas l'intention de refaire l'historique de cette très intéressante question, mais on ne peut parler des mœurs larvaires si curieuses des insectes qui nous occupent sans citer le nom de M. J.-H. Fabre. Il a étudié ces mœurs avec un soin et une sagacité remarquables, et il les a racontées dans un style à la fois précis et brillant qui restera le modèle des descriptions zoologiques.

Le développement des insectes vésicants est dominé par deux faits principaux : le *parasitisme* des larves et *l'hypermétamorphose*, suivant le nom créé

par Fabre pour rappeler les nombreuses phases qui se succèdent au cours de leur évolution. On sait en effet que les Vésicants passent successivement à partir de l'œuf par six états différents : 1° le *triongulin* (fig. 5), petite larve hexapode dont les pattes sont chez certaines espèces munies de trois ongles.

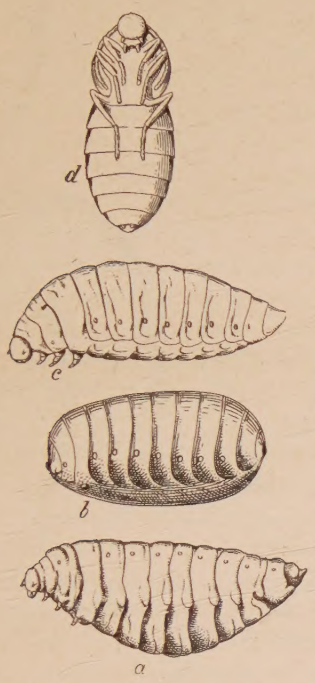


Fig. 4. —*Sitaris humeralis* (d'après Fabre).—*a* 2e larve; *b* pseudo-chrysalide; *c* 3e larve; *d* nymphe (à un fort grossissement).

2° La *seconde larve*, à téguments plus mous, à pattes généralement courtes. Elle dévore avec avidité et grossit en proportion, si bien que n'ayant souvent pas plus de 2 à 3 millimètres quand elle sort de la mue du triongulin, elle peut atteindre à son état ultime jusqu'à 20 millimètres de long. Au cours de cet accroissement, sa configuration générale présente chez certaines espèces des modifications assez profondes. Tout d'abord elle ressemble assez dans son allure générale aux larves des carabes; Riley donne à cet état le nom d'*état carabidoïde*; puis survient une mue à la suite de laquelle la larve, par le développement considérable de son abdomen rappelle la forme des larves de lamellicornes; d'où le nom d'*état scarabœidoïde* que lui donne Riley (ces désignations ne sont applicables qu'à certains genres comme les Epicauta et Cantharis, mais ne sauraient être généralisées, car elles ne peuvent convenir à la deuxième larve des Sitaris, par exemple). 3° A la deuxième larve succède la *pseudo-chrysalide* (*larva coarctata* de Riley). C'est une sorte d'état latent qui dure un temps variable suivant les espèces et qui répond d'une façon à peu près constante à la période hivernale. A ce stade la jeune larve, légèrement contractée et par suite moins volumineuse que dans le stade précédent, est protégée par des téguments plus durs et reste dans un état complet d'immobilité. 4° De la mue pseudo-chrysalidaire sort la *troisième larve* qui dans ses traits généraux rappelle absolument la deuxième larve. Mais ses appareils buccaux sont atrophiés, et, bien que manifestant quelque activité au début de son apparition, elle ne prend aucune nourriture. Il est à remarquer d'ailleurs que toute larve de Vésicant cesse de manger à partir de sa transformation en pseudo-chrysalide. 5° De la mue de la troisième larve la *nymphe* fait issue; et enfin 6° apparaît l'*insecte parfait*.

Telles sont les diverses phases du développement par lesquelles passent tous les Vésicants. Primitivement démontrées pour les Meloé par Newport et Fabre, pour les Sitaris et les Zonitis par Fabre, elles ont été retrouvées par Lichtenstein chez la Cantharide, par Riley chez les Épicauta et par nous même chez les genres Cerocoma et Stenoria. A chacun des stades que nous venons d'énumérer correspond une mue, sauf pour le stade deuxième larve qu'accompagnent plusieurs mues successives, en relation avec l'accroissement considérable qui se manifeste au cours de cette période où la larve absorbe de grandes quantités de nourriture. Récemment Brauer a tenté de prouver que les phases par lesquelles passent les Vésicants peuvent être ramenées aux quatre phases qu'on observe chez tous les autres Coléoptères. Considérant que chez les Coléoptères il existe quatre *stades de mue* (hautungstadium) qui correspondent à quatre *stades de développement* de l'insecte, il croit pouvoir ramener également à quatre le nombre des stades de développement des Vésicants. Dans ce but, il distingue les nombreuses mues qui se succèdent au cours de l'évolution de ceux-ci en *mues d'accroissement* et *mues de développement*, ce qui nous paraît très juste. Ces dernières au nombre de quatre correspondraient aux quatre stades de développement des Coléoptères. Ce seraient : 1° une mue entre le premier stade larvaire et le deuxième; 2° une mue entre le deuxième stade larvaire et le troisième; 3° une mue entre le troisième stade larvaire et la nymphe; 4° une mue entre la nymphe et l'imago. Le stade pseudo-chrysalide est considéré par Brauer comme faisant partie du stade deuxième larve; il regarde le tégument épais de la pseudo-chrysalide comme un durcissement de la peau de la seconde larve. C'est à mon avis une erreur, car l'apparition de la pseudo-chrysalide est toujours précédée d'une mue de la deuxième larve, et cette mue n'est évidemment pas une mue d'accroissement, puisque la pseudo-chrysalide

est contractée, et qu'il s'écoule un certain temps entre le moment où la deuxième larve cesse de manger et celui où elle mue pour donner issue à la pseudo-chrysalide. Cette dernière mue de la deuxième larve est donc bien une mue de développement, et les caractères anatomiques très différents que présentent la deuxième larve et la pseudo-chrysalide en sont une preuve. Quoi qu'en dise Brauer, je persiste à penser que le stade pseudo-chrysalide caractérise les Vésicants (1) et quelques autres insectes qui ont été signalés parmi les hyménoptères comme présentant également ce stade. Dans le cas particulier des Vésicants, bien qu'on ne puisse se livrer qu'à des conjectures tant qu'on n'aura pas fait l'étude histologique et anatomique complète de la larve aux diverses phases de son évolution, l'apparition du stade « pseudo-chrysalide » semble pouvoir être considérée comme une conséquence du parasitisme. Quoi qu'il en soit, ce qui est certain, c'est qu'avec ce stade commence une seconde phase de l'évolution de l'insecte, la phase de développement par excellence, au cours de laquelle aucune nourriture n'est prise, tous les phénomènes qui s'opèrent consistant dans les métamorphoses successives, aboutissant à la forme parfaite.

IV

Les Insectes vésicants, avons-nous dit, vivent en parasites pendant leur développement. Les Meloés, les Sitaris, et les Zonitis qui ont été étudiés les premiers ont en effet été rencontrés dans des cellules d'hyménoptères. Ils se nourrissent du miel après avoir dévoré l'œuf auquel il était destiné. Ce premier repas suffit chez les Sitaris à amener le triongulin à l'état de seconde larve, c'est-à-dire à une forme nouvelle susceptible de flotter sur le miel nourricier, tandis que le triongulin n'aurait pu s'y soutenir et y devait périr englué. Fabre a écrit dans tous ses détails l'histoire singulière de ce triongulin du Sitaris qui, après avoir attendu pendant tout l'hiver à l'entrée de leurs galeries la sortie des hyménoptères (Antophores), s'attache, au moment où ceux-ci gagnent la campagne, aux poils de leur corselet, puis passe du mâle sur la femelle pendant l'accouplement. Là, il attend paisiblement que la femelle ait amassé la provision dans la cellule qu'elle a construite et gagne précipitamment la surface de l'œuf au moment où l'hyménoptère le dépose sur la pâture qui lui est réservée. Les triongulins des Meloés (fig. 5) paraissent agir de même, à quelques détails près, et l'on pouvait croire que tous les Vésicants vivent au cours de leur développement en parasites dans les cellules de divers hyménoptères. Les travaux de

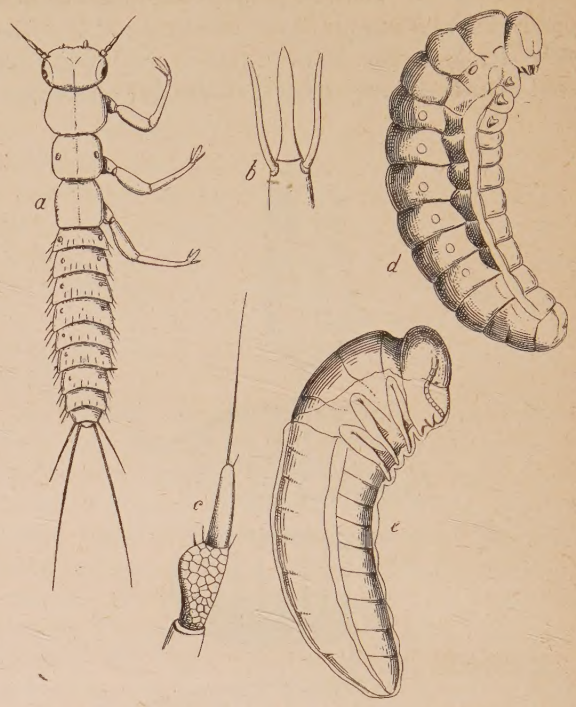


Fig. 5. — *Meloe cicatricosus* (d'après Newport). — *a* Triongulni, *b* ongles, *c* antenne, *d* pseudo-larve, *e* nymphe encore en partie dans sa mue.

Riley, puis les nouvelles recherches de Fabre et les nôtres ont démontré qu'il en est autrement. Les Epicauta, Macrobasis et Henous, genres américains assez voisins des Cantharides, sont, à l'état larvaire, parasites des nids de certains Criquets. Ces nids sont des sortes de capsules cylindriques à paroi papyracée où les œufs sont symétriquement rangés et dont l'orifice est bouché par une matière spumeuse assez semblable à du blanc d'œuf battu et cuit. Le triongulin des Vésicants en question après sa sortie de l'œuf s'enfonce dans la terre à la recherche des nids de Criquets, ronge le bouchon spumeux et pénètre dans la coque. Là il passe bientôt à l'état de deuxième larve qu'on voit flotter dans un abondant jus formé par les œufs que l'animal ouvre en grand nombre. J'ai voulu savoir si les Epicauta d'Europe (*E. Verticalis*) se comportent de même. Après avoir obtenu le triongulin de cette espèce, je lui ai offert tout d'abord le miel de divers hyménoptères, sans aucun succès. Puis j'ai remplacé le miel par des nids d'un Orthoptère que j'ai pu me procurer assez abondamment (*Œdipoda cœrulescens*). Le triongulin s'est attaqué avidement à ces nids et, après avoir absorbé le contenu de quelques œufs, il a subi sa transformation en seconde larve. Le fait est donc bien avéré : les Epicauta et genres très voisins sont parasites des nids de certains Cri-

(1) Brauer cite le Meloé erythrochnemus qui ne lui aurait pas présenté de stade pseudo-chrysalide.

quets. On peut ajouter plus généralement qu'ils sont parasites des nids d'Orthoptères autant que ceux-ci sont abordables et que les œufs ne sont pas protégés par une coque trop résistante. C'est ainsi que j'ai pu élever des Epicauta verticalis avec des œufs d'Ampuse et de Mante religieuse. Mais il me fallait ouvrir les nids que partagent de nombreuses cloisons, assez dures pour décourager le triongulin.

Les recherches de M. Fabre sur le *Cerocoma Schæfferi* ont abouti, d'autre part, à un résultat assez inattendu. C'est, en effet, dans les cellules d'un Hyménoptère (Tachyte) qui nourrit ses jeunes avec de jeunes Mantes que l'éminent zoologiste a trouvé les larves de ce Cerocome. Il a pu les suivre dans les diverses phases de leur développement et constater que la provision de jeunes mantes est absorbée en entier par la larve du Vésicant. Il est assez curieux, comme le dit M. Fabre, de voir chez les Vésicants ce goût prononcé pour l'Orthoptère. Les Epicauta, Macrobasis, etc., préfèrent les œufs, tandis que les Cerocomes mangent les jeunes. — Le *Cerocoma Schreberi*, sur lequel j'ai fait les premières observations de l'hypermétamorphose du genre, va peut-être plus loin, et je ne serais pas étonné qu'il s'attaquât aux grands Orthoptères adultes que certains Tachytes donnent en pâture à leurs jeunes. Il est certain que dans les endroits où j'ai trouvé ce Cerocome, il existait un certain nombre de ces nids de Tachytes.

Quoi qu'il en soit, il est bien prouvé aujourd'hui que parmi les Vésicants, les uns ont des larves mellivores (*Meloë*, *Sitaris*, *Zonitis*), les autres, des larves carnivores (*Epicauta*, *Cerocoma*, *Macrobasis*, etc.). Or, il est intéressant de savoir quelle place occupent dans ces groupes la Cantharide ordinaire et les Mylabres, qui sont les Vésicants les plus anciennement connus. Pour la Cantharide, jusqu'à ces dernières années, on en était réduit aux conjectures. Lichtenstein, de Montpellier, entreprit d'élucider ce point et parvint à démontrer expérimentalement que ses larves sont mellivores. J'ai pu vérifier ce fait et l'établir d'une manière définitive en faisant connaître le mode naturel du développement de cet insecte. J'ai montré en même temps — et ceci doit être général — que la larve de la Cantharide n'est pas parasite des cellules d'un Hyménoptère absolument déterminé, mais des cellules de divers Hyménoptères qui produisent un miel réunissant certaines conditions de composition et de consistance, et qui le renferment dans des cellules à paroi mince. C'est ainsi que j'ai toujours trouvé les pseudo-chrysalides de la Cantharide au voisinage de cellules de Colletes (*Colletes signata*, *C. cunicularis*) dont les parois papyracées et minces sont facilement attaquées par les mandibules du triongulin. Le triongulin des Cantharides se comporte, en effet, comme celui des Epicauta. Loin de rechercher les fleurs comme celui des Meloés pour y attendre le passage de quelque Hyménoptère aux poils duquel il pourra s'accrocher, il fuit la lumière, s'enfonce avec activité dans le sol et court évidemment à la recherche de cellules remplies d'une pâture à sa convenance.

Nous ne savons rien encore du développement des Mylabres. Toutefois, la forme des triongulins me laisse croire qu'ils appartiennent au groupe des Vésicants dont les larves sont carnivores, et je ne serais pas étonné d'apprendre qu'à l'exemple des Cerocomes, ils s'attaquent aux cellules de quelque Hyménoptère nourrissant ses larves d'Orthoptères.

V

Quand on jette un coup d'œil d'ensemble sur les mœurs larvaires des Vésicants, on remarque qu'il est possible d'établir deux groupes, suivant que la larve est *sédentaire* ou *errante*. J'entends par larve sédentaire celle qui, s'étant installée dans une cellule pourvue abondamment de nourriture, y reste pendant tout le cours de son évolution, jusques et y compris la transformation en insecte parfait. C'est le cas pour les Sitaris, les Zonitis et un certain nombre de Meloés (fig. 6).

Fig. 6 *Meloe Cicatricosus* (d'après Newport). — Dans les cellules d'*Anthophora retusa*.

La larve errante est celle qui, parvenue à la période ultime de son second stade, abandonne la cellule ou le nid d'Orthoptère qui lui a servi de grenier d'abondance, et va creuser à quelque distance une loge où elle se transforme bientôt en pseudo-chrysalide et subit les dernières phases de ses métamorphoses. C'est le cas de la Cantharide, des Cérocomes et des Epicauta (fig. 7). Dans le premier cas (Sitaris et Zonitis), la pseudo-chrysalide reste incluse dans la mue de la deuxième larve et la troisième larve dans la mue de la pseudo-chrysalide, et c'est dans cette double enveloppe que s'opèrent les transformations finales. Dans le deuxième cas (Cantharide, Cérocome, Epicauta) les choses se passent autrement. La mue de la deuxième larve

se fend pour livrer passage à la pseudo-chrysalide qu'on trouve toujours alors portant à son extrémité postérieure la mue de la seconde larve sous forme d'une petite pelote fripée. La troisième larve sort complètement aussi de la mue de la pseudo-chrysalide qu'on retrouve alors à côté de la troisième larve, mais conservant grâce à sa consistance la forme de la pseudo-chrysalide.

Fig. 7 *Epicauta vittata* (d'après Riley). — *a* État carabidoïde de la 2e larve; *b* état ultime de cette seconde larve; *c* mandibule de cette larve; *d* pseudo-chrysalide de la même espèce; *e* nymphe de *Epicauta cinerea*.

Ici se place une observation relative aux Meloés qui semble bien montrer que ce genre est intermédiaire aux deux groupes précédents. D'une part, chez les Meloés, la pseudo-chrysalide ne sort qu'à demi de la mue de la deuxième larve ou sort complètement (M. cyaneus) (fig. 8) et la troisième larve elle-même ne fait dans la plupart des cas que passer sa tête et son corselet hors de la mue pseudo-chrysalidaire, ou s'en débarrasse complètement. D'autre part, j'ai trouvé que la deuxième larve de certaines espèces (M. cyaneus, M. autumnalis), au lieu d'être sédentaire comme celle de M. cicatricosus, est errante et va creuser loin de la cellule de l'Hyménoptère une loge où elle se transforme en pseudo-chrysalide et subit ses dernières transformations.

Fig. 8. — *Meloe cyaneus*, Pseudo-chrysalide grossie de $\frac{1}{3}$ environ; *m*, mue de la 2e larve.

La place qui m'est donnée pour cette analyse de l'histoire des Vésicants ne permet pas d'entrer dans les considérations que peut faire naître l'étude attentive des faits que je viens de rappeler brièvement. Ce qui ressort de cette étude, c'est qu'il reste encore beaucoup à faire et que nombre de points relatifs au développement des Vésicants sont à élucider. C'est le cas de dire avec Gebler : « Au surplus, la postérité ne se plaindra pas que nous ne lui ayons laissé rien à observer. »

Dr H. Beauregard,
Professeur agrégé
à l'Ecole supérieure de Pharmacie.

LA VISCOSITÉ ET LA RIGIDITÉ DES LIQUIDES

Si un ensemble de forces agissant sur une masse matérielle homogène vient à la déformer sans la comprimer ou la dilater, deux genres de réactions bien distinctes peuvent apparaître, qui s'opposent à l'effort exercé.

Pendant le temps de la déformation, et pendant ce temps seulement, les premières se font sentir; elles dépendent essentiellement de la plus ou moins grande rapidité de la déformation; elles cessent avec le mouvement et ne sauraient en aucun cas ramener le corps à son premier état d'équilibre : l'existence de ces réactions nous conduit à l'idée de viscosité.

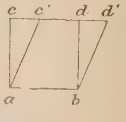
Les secondes sont de nature différente; elles continuent à s'exercer quand la déformation reste stationnaire, et si les forces extérieures viennent à disparaître, elles sont capables de faire revenir le corps à sa forme initiale pourvu qu'une certaine limite n'ait pas été dépassée : elles constituent la rigidité (1).

La cohésion est le résultat de ces deux systèmes de réactions.

I

On a étudié avec le plus grand soin la cohésion des solides, la rigidité surtout. Dès 1678, Hooke énonçait comme résultat de ses expériences sur les ressorts la loi fondamentale qui renferme toute la théorie : Le changement de forme est propor-

(1) En général, on appelle *effet de cisaillement* (*shear*) une déformation par laquelle une sphère de rayon égal à l'unité se transforme en un ellipsoïde dont les axes sont $1, 1+e$ et $1-e$. Dans le cas particulier d'un corps *isotrope*, c'est-à-dire possédant les mêmes propriétés dans toutes les directions, si l'on considère un cube *abcd* taillé d'une manière quelconque dans la masse et que l'on suppose la face supérieure *cd* soumise à une force tangentielle T qui l'amène en *c'd'*, tandis que la face *ab* est maintenue immobile, la déformation produite est un cisaillement. La force T rapportée à l'unité de surface est l'*effort de cisaillement;* dans la limite de l'élasticité parfaite elle est proportionnelle au déplacement *cc'*; le rapport $\frac{cc'}{ac}$ reçoit le nom de résistance au cisaillement (*Resistance to shearing*); dans le cas considéré on l'appelle également la *rigidité simple*.



tionnel à la force extérieure, ou, ce qui revient au même, la réaction est proportionnelle à la déformation : *ut tensio sic vis*. A cette époque, les savants désireux de sauvegarder la priorité de leurs découvertes et peu soucieux de les faire connaître avant le complet achèvement de leurs travaux, n'avaient pas encore imaginé les *plis cachetés* qui encombrent aujourd'hui les cartons des Académies ; ils avaient coutume de recourir à des anagrammes sous lesquels ils énonçaient, en les voilant, les résultats obtenus ; on ne peut s'empêcher de sourire en songeant que la belle loi de Hooke fut tout d'abord publiée sous l'anagramme : *ceiiinossttuv*.

Depuis deux cents ans, les déformations des solides ont été l'objet de travaux analytiques de premier ordre et de recherches expérimentales de haute précision ; cette étude est classique, nous la laisserons ici complètement de côté.

La cohésion des liquides est moins connue. Des travaux tout récents et très remarquables ont ramené l'attention sur cette importante question ; nous allons essayer de les exposer sommairement ; mais il est nécessaire auparavant de rappeler les résultats antérieurement connus, et d'indiquer les considérations théoriques qui ont guidé l'expérience.

Le calcul est un instrument admirable, la langue algébrique est parfaite, mais il est souvent possible de ne l'employer qu'avec réserves ; nous chercherons à expliquer les idées qui ont conduit à la théorie, sans entrer dans les détails mathématique de l'analyse.

II

Quand les idées de Pascal furent admises, les liquides apparurent comme des fluides parfaits : sur chaque élément plan, le résultat de toutes les actions exercées par la masse liquide est une pression normale à l'élément, et cette pression se transmet intégralement à tous les éléments. Ce principe entraîne des conséquences nombreuses et faciles à vérifier, une entre autres : la surface libre d'un liquide en équilibre doit être plane et horizontale ; les liquides, même très épais, pourvu qu'ils ne renferment pas de particules solides, finissent toujours par prendre une position d'équilibre conforme à la théorie. Obermayer (1) plaçait un morceau de poix sur une gouttière, au fond de la gouttière il mettait un bouchon de liège et par-dessus la poix un caillou ; au bout de quelques jours la poix s'était moulée sur la gouttière, la surface était plane et horizontale, le caillou tombé au fond, le bouchon surnageait à la surface. L'équilibre du système s'était établi suivant les lois ordinaires de l'hydrostatique.

Ces observations conduisent à considérer la *rigidité* comme absolument nulle dans les liquides, cette rigidité ne pouvant exister sans *action tangentielle* aux éléments s'exerçant dans un liquide déformé en équilibre ; la généralité des propriétés de la matière a fait cependant supposer depuis longtemps que les fluides devaient recéler des traces de rigidité ; mais il a fallu de nombreux efforts pour les démasquer ; un physicien russe d'une extrême habileté, M. Schwedoff, y est récemment parvenu.

On s'est aperçu beaucoup plus rapidement de l'insuffisance des lois de l'hydrodynamique déduites de la supposition de pressions normales aux éléments. Newton, Bernouilli, Euler soupçonnaient cette insuffisance. Un grand nombre de faits familiers la démontrent nettement : une expérience célèbre entre toutes en est une preuve évidente : dans ses mémorables recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Joule faisait tourner dans un calorimètre plein d'eau des palettes métalliques ; si les actions tangentielles n'existaient pas, le liquide entraîné glisserait sans frottement sur le liquide ambiant et le travail moteur serait le même, que les palettes plongent ou ne plongent pas dans la masse liquide. La *viscosité* ou *frottement interne* des liquides se manifeste donc nettement dans le mouvement ; depuis longtemps déjà on l'a étudié.

Nous parlerons de la viscosité avant d'aborder la question de la rigidité : c'est l'ordre chronologique. Quand une science n'est pas terminée, quand il est impossible de l'exposer d'une façon dogmatique, l'ordre même des idées qui se sont successivement présentées à l'esprit des chercheurs n'est-il pas celui qu'il convient de suivre ?

III

Navier (1), le premier, a proposé une théorie d'ensemble sur le mouvement des fluides, en tenant compte de la viscosité.

Comme dans toutes les théories moléculaires, il suppose les liquides formés par des molécules soumises (indépendamment des actions extérieures telles que la pesanteur) à des forces d'attraction mutuelle, et à des forces émanant des molécules des corps avec lesquels le fluide est en contact. Ces forces s'exercent suivant la droite qui joint les molécules deux à deux, sont proportionnelles aux masses, dépendent de leur distance respective, diminuent quand la distance augmente, et s'annulent pour les valeurs de la distance supérieure

(1) Wiener Anzeiger 90.

(1) Mémoires de l'Académie des Sciences, VI, 1823.

à une limite très petite ; en outre, si le liquide est en mouvement, l'action de deux molécules qui s'approchent ou s'éloignent est augmentée ou diminuée d'une quantité proportionnelle à la vitesse relative des deux molécules.

Traduisant ces données, le calcul permet de trouver les équations différentielles générales du mouvement ; ces équations sont compliquées : elles conduisent à définir en chaque point un certain coefficient μ qui pourrait dépendre de la densité au point considéré ; Navier suppose que ce coefficient est le même pour tous les points du fluide ; il varie seulement avec sa nature et son état thermique ; c'est une hypothèse, mais l'expérience la légitime.

On a appelé μ coefficient de frottement interne ou coefficient de viscosité ; il est facile de démontrer la proposition suivante : Imaginons dans la masse liquide deux plans parallèles distants de l'unité de longueur, mobiles l'un par rapport à l'autre ; la force, nécessaire par unité de surface pour conserver à l'un des plans une vitesse relative égale à l'unité de vitesse, égale précisément la quantité μ.

La signification physique du coefficient apparaît clairement ; si le mouvement des molécules liquides ne rencontrait pas d'obstacles, μ serait nul ; si μ existe dans tous les fluides, s'il est plus grand pour la glycérine que pour l'eau, c'est que tous les fluides sont visqueux, c'est que la glycérine est plus visqueuse que l'eau.

Au lieu de considérer, avec Navier, les actions de molécule à molécule, on peut, avec Cauchy (1) et d'autres physiciens, décomposer la masse liquide en parallélipipèdes élémentaires et en résidus tétraédriques, prendre la résultante de toutes les forces moléculaires sur chaque face plane, écrire pour chaque solide infinitésimal l'équation de l'équilibre dynamique ; on trouve ainsi les équations du mouvement : elles sont identiques à celles de Navier.

La théorie est facile, mais la pratique compliquée ; l'équation différentielle doit être intégrée pour servir à calculer des expériences réelles ; les mathématiques sont impuissantes à traiter le cas général ; des hypothèses particulières sont à introduire dans chaque application.

Plusieurs méthodes ont été employées pour vérifier l'accord entre l'analyse et l'observation et mesurer en même temps le coefficient de frottement. La meilleure est l'écoulement du liquide dans un tube capillaire.

Navier imaginait que le liquide se partage en couches cylindriques s'emboîtant les unes dans les autres, animées de vitesses différentes, l'axe allant plus vite, la périphérie moins rapidement, comme, dans les glaciers, descendent inégalement les neiges du centre et les neiges des bords.

Poiseuille (1), voulant se rendre un compte exact du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires, fut amené à étudier les lois de l'écoulement ; il était médecin, mais la précision de ses mesures ferait envie à plus d'un physicien. *Sous la même pression, à la même température, à travers des tubes de même longueur, les quantités d'eau écoulées sont proportionnelles aux quatrièmes puissances des diamètres ;* ainsi s'énonce la loi qu'il découvrit (2). Poiseuille n'ignorait pas la théorie de Navier, mais ses expériences lui parurent la contredire d'une manière formelle. Dans l'intégration de ses équations, Navier avait supposé que la vitesse de la couche liquide en contact avec la paroi n'est pas nulle ; le calcul ainsi fait ne conduit pas à la loi des diamètres ; il la démontre au contraire, si on écrit que la couche externe est complètement immobile.

L'hypothèse est-elle plausible? Deux cas sont à distinguer : *le liquide mouille ou ne mouille pas le solide.*

Pour une paroi mouillée le doute n'est guère possible. M. Duclaux (3) a fait à ce sujet des expériences probantes (fig. 2). Prenons un thermomètre contenant de l'alcool coloré dans le réservoir ; au-dessus plaçons une couche d'alcool incolore, et chauffons : le liquide coloré ne chasse pas le non coloré ; il le traverse, s'allonge en forme de cône arrondi à son sommet ; les particules liquides éloignées de la paroi sont donc les premières à avancer ; les plus voisines restent immobiles. La

(1) Exercices mathématiques, t. II.

(1) Mémoires des savants étrangers, IX, 1846.

(2) Dans ses expériences (fig. 1), Poiseuille faisait écouler sous une pression constante obtenue par une pompe à main et régularisée par un réservoir à air comprimé une quantité

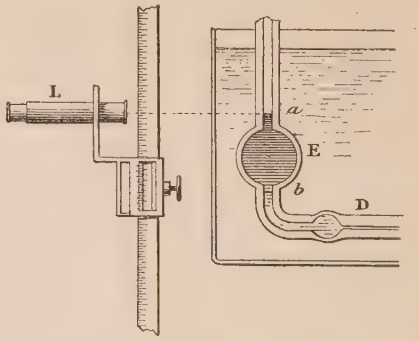


Fig. 1. — Appareil de Poiseuille.

d'eau déterminée. Ce liquide était contenu dans une ampoule E soudée au tube capillaire D et mesuré entre deux repères *a* et *b*. On notait soigneusement le temps nécessaire à l'abaissement du niveau de *a* en *b* et l'on relevait ces niveaux à l'aide d'une lunette L. Tout l'appareil était plongé dans un bain à température constante.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. XXVI, 1872.

difficulté de sécher complètement un vase de verre, la rupture qui se produit nécessairement dans une masse fluide quand on la veut séparer d'un solide adhérent sont des preuves évidentes que, si l'immobilité n'est pas absolue, du moins l'action entre les molécules d'un solide et celles d'un liquide est énorme vis-à-vis de l'action entre deux particules liquides.

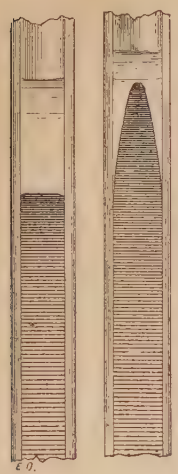


Fig. 2. — Expériences de M. Duclaux.

Si le liquide ne mouille pas, comme l'eau dans le cuivre, le mercure dans le verre, la difficulté est plus grande. Navier admettait que le frottement entre la paroi et le fluide est proportionnel à la vitesse d'entraînement. L'expérience ne confirme pas cette hypothèse; la loi de Poiseuille subsiste; la couche externe reste donc sensiblement en repos.

La question est encore obscure.

Coulomb (1) avait imaginé un procédé très différent pour étudier la viscosité. Un disque horizontal (fig. 3) est supporté par un fil de torsion; déplacé légèrement de sa position d'équilibre, il effectuerait dans le vide de petites oscillations isochrones et d'amplitude constante; si on le plonge dans un liquide, la couche liquide adhérente frotte contre les couches contiguës, les oscillations demeurent isochrones, mais les amplitudes vont en décroissant. Dans l'hypothèse de Navier, le calcul permet de trouver la relation entre le coefficient de frottement et le décroissement des amplitudes; malheureusement, il ne peut se terminer sans approximations : on doit par exemple négliger l'influence de la force centrifuge. On ne saurait par suite traiter le cas des vitesses un peu grandes.

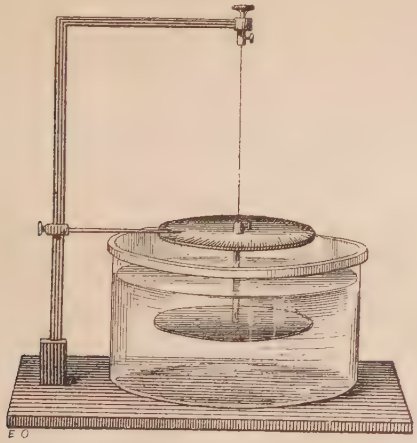


Fig. 3. — Appareil de Coulomb.

D'autres méthodes ont été employées; on peut remplacer le mouvement d'oscillation par un mouvement de rotation continue; l'expérience se complique, mais l'analyse mathématique se simplifie. L'idée d'éliminer l'influence des bords et de prendre, au lieu d'un disque, des corps de forme géométrique simple est naturelle; plusieurs expérimentateurs y ont songé.

M. Elie (1) prend une sphère tournant dans une sphère concentrique; le moyen est théoriquement parfait, mais l'exécution difficile.

M. Couette (2), dans un travail remarquable dont les résultats généraux seuls ont été publiés, emploie deux cylindres circulaires de même axe; l'extérieur est animé d'un mouvement de rotation uniforme, le liquide intermédiaire tend à entraîner le liquide intérieur, mais on le maintient à l'état de repos par un système de poulies supportant des poids; les poids font connaître le moment du frottement du liquide sur le cylindre.

Le même physicien a repris, avec de nombreux perfectionnements, les expériences d'écoulements dans les tubes capillaires; nous ne pouvons entrer ici dans le détail des soins apportés aux mesures.

Les résultats sont importants et curieux : les deux méthodes ont marché d'accord.

Le mouvement des liquides se fait sous deux régimes différents : si la vitesse est petite, les intégrales les plus simples des équations de Navier représentent rigoureusement les faits observés; si la vitesse est grande, elles ne suffisent plus à traduire les données expérimentales. Entre certaines limites les deux mouvements sont possibles et se produisent alternativement.

M. Couette démontre ces conclusions d'une façon élégante; une veine liquide sort d'un tube horizontal sous une pression variable à volonté; tant que le débit reste inférieur à une certaine limite, dépendant d'ailleurs du diamètre du tube, la veine est lisse et d'amplitude constante; quand la période de transition est atteinte, la veine éprouve des changements brusques d'aspect et d'amplitude, qui se succèdent d'une façon irrégulière, tantôt lisse et allongée, tantôt ridée et rac-

(1) Mémoires de l'Institut national, III an IX.

(1) Journal de physique, 2e série, I, 224.

(2) Outre ses travaux personnels sur la question (*Comptes rendus*, 6 août 1888), M. Couette a publié une étude très soignée sur les théories mathématiques relatives à la viscosité des liquides (*Bulletin des sciences physiques*, t. I), à laquelle nous avons emprunté diverses indications. Nous remercions M. Couette des renseignements qu'il a bien voulu nous fournir.

courcie; vient-on à dépasser la limite, le second régime s'établit, la veine reste troublée, mais les oscillations disparaissent.

Un Anglais, M. Osborne Reynolds (1), a remarqué les mêmes phénomènes ; il les manifeste en introduisant dans l'axe de la veine qui s'écoule, de l'eau

Fig. 4. — Expériences de M. Osborne Reynolds.

colorée; sous de faibles pressions, la coloration se maintient régulièrement dans la partie centrale du jet liquide (fig. 4) ; la pression critique atteinte, elle se répand dans toute la masse; des tourbillons apparaissent; la confusion est complète. Tels les flots d'une rivière peuvent, sans s'y mêler, traverser les eaux d'un lac tranquille, ou bien au contraire se confondre avec elles en perdant leur couleur propre et leur aspect particulier.

Pour les vitesses un peu grandes les phénomènes sont donc fort compliqués, mais nous ne saurions conclure des expériences à l'insuffisance de la théorie; nous avons introduit des hypothèses particulières qui sont des approximations.

Nous avons supposé, par exemple, le coefficient de frottement indépendant de la pression; des expériences de MM. Roentgen (2) et Warburg (3) prouvent au contraire que la viscosité augmente quand la pression augmente ; l'eau toutefois fait exception : on sait les singularités que présentent beaucoup de propriétés physiques de ce liquide.

Les recherches sur l'écoulement dans les tubes capillaires sont intéressantes, mais les tuyaux de conduite, les rivières et les torrents seraient plus utiles à considérer. Un cas relativement simple a donné lieu à de nombreux travaux ; l'écoulement se fait à travers, non plus un tube, mais une série de tubes capillaires comme une membrane poreuse. M. Brunhes (4) a montré, dans une étude très soignée, que le passage des liquides à travers les substances perméables et les couches filtrantes peut encore se déduire simplement de la théorie de Navier.

La question générale a fait l'objet de mémoires de haute valeur : MM. de Saint-Venant, Boussinesq (1), Maurice Lévy (2), etc., l'ont traitée avec les ressources de la plus savante analyse ; mais c'est une science à part, l'hydraulique ; nous ne pouvons en parler ici.

(1) Philosophical Transact., 1883.
(2) et (3) Wiedemann Annal., XXII, 1884, p. 510 et 518.
(4) Sur le passage des liquides à travers les substances perméables et les couches filtrantes. Toulouse, 1881.

IV

La rigidité des liquides est une question neuve, avons-nous dit; nous entendions parler des études expérimentales. Poisson (3), l'illustre géomètre à qui les physiciens découvrent chaque jour de nouveaux titres de gloire, a depuis longtemps émis sur ce sujet une idée fort curieuse, que Maxwell a développée par la suite.

Il ne semblait pas aisé d'aborder le problème directement; on a au début songé à un détour.

Les corps rigides transparents et homogènes acquièrent, quand on les déforme, la propriété de polariser la lumière ; une baguette de verre tordue devient doublement réfringente comme le spath; si les liquides présentent des traces de rigidité, ils offrent sans doute le même phénomène après une déformation.

L'expérience a été faite par plusieurs physiciens : elle a réussi. Tout récemment M. Kundt et M. de Metz ont entrepris sur ce sujet des études bien conduites. M. de Metz (4) emploie, comme M. Couette, un cylindre mobile tournant dans l'intérieur d'un cylindre fixe concentrique; un faisceau de lumière polarisée par un nicol traverse le liquide compris dans l'espace annulaire parallèlement aux génératrices; la double réfraction donne naissance à une vibration elliptique, dont on mesure les éléments.

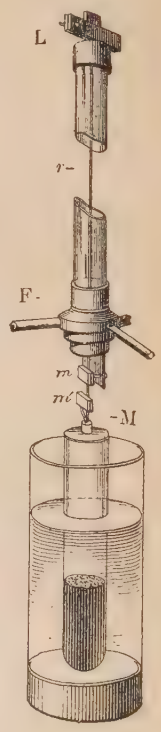


Fig. 5. — Appareil de M. Schwedoff.

Peut-on conclure par analogie que les liquides sont rigides? La probabilité est grande, mais une expérience directe serait beaucoup plus sûre; M. Schwedoff (5) d'Odessa, le premier, essaya de l'effectuer.

Il prit encore deux cylindres concentriques (fig. 5); l'un d'eux est suspendu par un fil de torsion : on imprime au fil une certaine torsion ; la gaîne liquide comprise

(1) Essai sur la théorie des eaux courantes (*Mémoires des savants étrangers*, t. XXIII et XXIV).
(2) Annales des Ponts et Chaussées, 1867.
(3) Journal de l'Ecole polytechnique, t. XIII, 20e cahier.
(4) Wiedemann. Annal.. t. XXXV, 1888.
(5) Journal de physique, 2e série, t. VIII, 1889, p. 341.

entre les deux cylindres est déformée, les deux couches extérieures étant maintenues au contact des parois. Si le liquide n'était que visqueux et non rigide, toute réaction cesserait avec le mouvement; l'équilibre subsisterait dans la nouvelle position quand on détordrait le fil; le liquide, au contraire, est-il rigide, il tendra à revenir à sa position initiale, en entraînant avec lui le cylindre et imprimant au fil une torsion contraire à celle qu'il avait précédemment.

Tel est le principe de la méthode. L'appareil est délicat, les mesures difficiles; il nous est malheureusement impossible d'entrer dans le détail de toutes les ingénieuses dispositions employées par l'habile physicien (1).

Le résultat est positif : les liquides sont rigides, mais à un degré bien faible. La rigidité d'une solution contenant $\frac{1}{2}$ % de gélatine, énorme par rapport à celle de l'eau, est cependant encore 1 *trillion* 840 *billions* de fois moindre que celle de l'acier. Le chiffre est certain... à quelques billions près.

M. Schwedoff a voulu comparer les résultats obtenus à ceux qu'on déduit de la théorie de Maxwell; indiquons le principe de cette théorie (2).

Si l'on examine la seconde méthode qui nous a conduit aux équations de Navier, un rapprochement s'impose. La théorie se développe parallèle à la théorie de l'élasticité, il ne faut que remplacer le mot vitesse par le mot déplacement, l'identité est complète, le coefficient de frottement μ devient le coefficient ε d'élasticité.

Les dimensions des deux coefficients sont telles qu'on peut considérer μ comme le produit de ε par un temps T.

Les forces moléculaires qui se développent au sein d'une masse matérielle déformée et qui constituent la rigidité acquièrent une certaine valeur E_0; Maxwell suppose que cette rigidité peut, quand le temps s'écoule, décroître petit à petit, et tendre insensiblement vers zéro. Dans cette idée, le temps T serait le temps au bout duquel E_0 serait réduit à la $\left(\frac{1}{e}\right)^{\text{me}}$ partie de sa valeur primitive, (e étant la base des logarithmes népériens 2,7182818...). Pour les solides parfaitement élastiques, ce temps est infini; pour les liquides parfaitement fluides il serait nul; la généralité des propriétés de la matière ne nous autorise-t-elle pas à supposer qu'en réalité il n'est jamais ni nul ni infini ?

(1) L'exactitude des résultats dépend essentiellement de la précision apportée à la mesure des angles de torsion. Cette mesure se faisait au moyen de la réflexion d'un rayon lumineux sur deux miroirs m et m' liés invariablement, l'un m au tube LF entourant le fil de torsion r et par suite à l'extrémité supérieure de ce fil fixée en L, l'autre m' au cylindre intérieur M et par suite à l'extrémité inférieure de r fixée en M.

(2) Philos. Mag., t. XXXV, 1868.

Si l'hypothèse était juste, il existerait une relation entre les deux coefficients μ et ε, et l'on devrait constater que les corps les plus visqueux sont en même temps les plus rigides. Les expériences de M. de Metz contredisent formellement cette conséquence. L'addition d'un liquide qui ne présente jamais le phénomène de la double réfraction à un autre qui le présente nettement affaiblit beaucoup les valeurs de la polarisation; la viscosité peut être au contraire augmentée dans une forte proportion.

Le frottement intérieur est 400 fois environ plus grand dans la glycérine que dans la gélatine, et cependant la gélatine devient doublement réfringente par la déformation, tandis que la glycérine ne divise pas le rayon réfracté.

Dans ses mesures, M. Schwedoff a constaté que la rigidité semble bien diminuer avec le temps, comme le voudrait la théorie de Maxwell; mais cette diminution est plus apparente que réelle : une étude précise le démontre. Les réactions produites par la déformation doivent être décomposées en deux. Les premières ne se font plus sentir, une fois la déformation produite; elles proviennent d'une partie de la déformation que l'on doit considérer comme *résiduelle*, et n'apparaissent d'ailleurs que si la déformation totale a dépassé une certaine limite; ce sont elles qui s'amoindrissent au fur et à mesure que le temps s'écoule. Les secondes sont seules actives, elles tendent seules à ramener le liquide à sa position initiale, leur valeur est constante, leur *relaxation* est sensiblement nulle. La distinction est quelque peu délicate, mais les expériences sont très précises et l'établissent nettement.

V

Le doute n'est plus permis : les liquides sont rigides comme ils sont visqueux. Dans beaucoup de phénomènes, il y a lieu de tenir compte de cette rigidité et de cette viscosité.

Des quantités physiques, en apparence indépendantes les unes des autres, sans aucun lien évident, se trouvent parfois présenter entre leurs valeurs numériques des rapports très frappants et qui ne semblent pas l'effet du seul hasard. On a trouvé parfois, dans de telles constatations, l'origine de théories intéressantes et curieuses.

Plusieurs physiciens ont ainsi cherché des relations entre la viscosité et les autres propriétés des liquides, mais les résultats sont médiocres et semblent artificiels; nous n'insisterons point sur ces travaux d'ailleurs fort nombreux. Un seul fait est vraiment à noter, nous le signalerons en terminant. G. Wiedemann (1) a montré que dans di-

(1) Poggendorff, Annal, t. IC.

verses solutions salines la conductibilité électrique est proportionnelle au coefficient de viscosité ; on regarde le plus souvent l'électrolyse comme accompagnée du déplacement des produits de la décomposition, des ions, dans la masse liquide ; la découverte de G. Wiedemann donnerait de cette manière de voir une importante justification ; malheureusement elle n'est pas très exacte; un point toutefois a été établi d'une façon incontestable par M. Bouty(1) dans ses belles recherches sur la résistance électrique des dissolutions : pour les dissolutions très étendues, le produit de la conductibilité par le frottement interne est indépendant de la température.

Nous terminerons ici l'exposé bien sommaire et bien imparfait de ces intéressantes questions relatives à la mécanique des fluides. Un géomètre éminent, M. de Saint-Venant (1), qui a, durant plusieurs années, consacré à leur étude sa haute intelligence et son profond savoir, disait : « C'est une désespérante énigme » ; les efforts des chercheurs n'ont cependant pas été vains, si quelques points sont encore obscurs, si quelques problèmes sont encore à élucider, si l'énigme subsiste, il est aujourd'hui permis d'en attendre et d'en espérer la solution.

Lucien POINCARRÉ.
Agrégé préparateur à la Sorbonne.

(1) *Annales de chimie et de physique*, 6e série, t. III.

EXPÉRIENCES SUR L'ÉLECTROLYSE DES MUSCLES

On sait que lorsqu'un courant électrique passe à travers une dissolution saline, le sel est décomposé en métal qui va au pôle négatif et radical acide qui va au pôle positif ; les éléments solides ou gazeux mis en liberté n'apparaissent que sur les conducteurs métalliques, appelés électrodes, qui servent à amener le courant. Toute la portion liquide intermédiaire semble n'avoir subi aucune transformation. Il est évident que la quantité de substance ainsi électrolysée croît avec la durée de l'opération. Faraday a aussi fait voir qu'elle est proportionnelle à l'intensité du courant.

I

Cette propriété reçoit de nombreuses applications en chirurgie; lorsqu'on applique des électrodes en deux points du corps et qu'on fait passer un courant, les sels dissous dans les liquides de l'organisme sont décomposés. Au pôle positif on voit apparaître des acides, au pôle négatif des bases produites par l'action sur l'eau des métaux alcalins mis en liberté. Les effets locaux que l'on obtient dépendent de la forme des électrodes employées. Si l'électrode est vaste, l'action sera faible sur une grande surface et négligeable ; elle sera intense si l'on emploie des aiguilles ou des couteaux, comme on le fait dans le traitement des anévrysmes ou la destruction des rétrécissements cicatriciels.

Sur ce point l'accord est complet entre tous les physiologistes; mais que se passe-t-il sur le trajet du courant à travers les tissus? N'y a-t-il aucune modification ainsi que cela a lieu dans un liquide? La question est des plus controversées, car jusqu'à présent on n'a donné aucune expérience concluante dans un sens ou dans l'autre. Les recherches que j'ai faites sur cette question m'ont permis de donner une solution que je crois à l'abri des critiques (2).

Voici l'observation qui m'a servi de point de départ.

Enregistrons une série de contractions du muscle gastrocnémien d'une grenouille, en nous servant, pour les provoquer, d'un courant continu toujours de même sens et traversant le muscle dans toute sa longueur; nous verrons l'amplitude des contractions aller en diminuant d'autant plus rapidement que le courant employé a été plus intense et que la durée de chaque excitation a été plus longue.

Nous ne pouvons attribuer ce résultat qu'à deux causes : à la fatigue, ou à une action du courant sur le muscle.

Ce n'est pas la fatigue, car on peut laisser reposer le muscle sans que pour cela il recouvre ses propriétés primitives ; de plus on constate qu'en renversant le sens du courant excitateur, le muscle se contracte aussi bien qu'au début. Enfin, si l'on fait une série d'excitations en renversant chaque fois le sens du courant, on peut obtenir un nombre considérable de contractions sans affaiblissement sensible.

Ces résultats s'expliqueraient très bien par l'hypothèse d'une électrolyse sur tout le trajet du courant, dont le résultat serait une modification

(1) Sur l'hydrodynamique des cours d'eau (*Comptes rendus* t. XXIV, 1872).

(2) Mes premières recherches ont paru dans ma thèse de doctorat en médecine : *Contribution à l'étude de l'Electrophysiologie*, Mars 1889, Paris. J'ai fait ensuite une communication au Congrès des Electriciens (août 1889) où j'ai été vivement attaqué par M. le Dr Danion, qui d'ailleurs a été seul de son avis parmi les électriciens présents. (Le compte rendu du Congrès va paraître prochainement).

dans la substance propre du muscle. En conséquence j'ai cherché à démontrer qu'il y avait décomposition ailleurs qu'au contact même des électrodes et je me suis basé pour cela sur la polarisation.

Chaque fois qu'un courant électrique produit une action chimique, il en résulte une force électromotrice dite de polarisation de sens contraire à celle qui donne naissance au courant. Il s'agit dans le cas présent de mesurer avec précision la force électromotrice de polarisation pendant le passage du courant à travers un muscle, puis de rechercher la part qui revient aux électrodes afin de voir s'il y a un reliquat.

Je pris deux cristallisoirs (fig. 1) contenant une solution de chlorure de sodium à 1 pour 100 et je les réunis par un siphon plein du même liquide; chaque cristallisoir contenait une lame de platine servant d'électrode. Je fis passer un courant évalué au moyen d'un galvanomètre placé dans le circuit, et je mesurai la force électromotrice de polarisation pendant l'électrolyse (1). J'eus ainsi l'action des électrodes seules. Je supprimai alors le siphon et je le remplaçai par une grenouille dont les deux pattes de derrière trempaient dans les deux cristallisoirs; je fis une nouvelle mesure. Je pus constater ainsi que toujours, à intensité de courant égale, la force contre-électromotrice était plus grande dans le second cas que dans le premier, et qu'elle pouvait atteindre un maximum d'environ $\frac{1}{5}$ de Volt.

Il est donc certain qu'il se produisait des actions chimiques autres que celles qui avaient lieu aux électrodes mêmes. On m'a objecté que cela pouvait être au contact de la peau et du liquide des cristallisoirs; il me semble cependant que le doute n'est pas possible, si l'on rapproche cette expérience de la diminution de contractilité produite par le passage du courant; j'indiquerai d'ailleurs encore divers faits venant confirmer mon hypothèse.

Arrivé à ce point, je voulus rechercher si l'action chimique se bornait à la mise en liberté de produits capables de se recombiner dans la suite, ou de s'éliminer, le muscle reprenant alors ses propriétés primitives.

Sur une première grenouille, je fis passer un courant continu dans une patte jusqu'à ce que le gastrocnémien fût devenu peu contractile sous l'influence d'excitations faites à l'aide d'un courant continu de même sens que le premier; cela fait, je retirai la pile du circuit que je fermai sur lui-même. Si nous nous trouvions en présence d'une simple décomposition, la grenouille allait se comporter comme un accumulateur et se dépolariser. Or, il n'en fut rien : au bout de deux heures, il n'y avait aucun changement.

Une seconde grenouille fut aussi soumise à un courant continu; après quoi je la remis dans l'aquarium où elle séjourna huit jours. Au bout de ce temps je pus constater que non seulement elle n'était plus excitable pour un courant de même sens que celui qui avait servi à faire l'électrolyse, mais aussi pour un courant de sens contraire ou même un courant induit; le muscle était altéré.

J'avais de plus fait une expérience parallèle sur une troisième grenouille, mais en me servant d'un courant alternatif d'une bobine d'induction. Au bout de huit jours, la contractilité était aussi parfaite que dans la patte témoin à laquelle je n'avais pas touché.

II

Non seulement ces trois expériences confirment pleinement ma théorie, mais encore elles permettent de pousser plus loin l'analyse des faits.

Le courant électrique traversant des muscles y donne lieu sur tout son parcours à des décompositions chimiques; à la suite de ces décompositions il y a action secondaire des produits mis en liberté sur la substance propre des muscles. Cette action secondaire ne tue pas le muscle immédiatement, car un courant de sens contraire au premier peut lui rendre sa contractilité, mais il est atteint et périt si on ne lui porte remède rapidement.

Fig. 2.— Fibre musculaire normale.

Une idée qui s'impose maintenant est de rechercher ce que peut donner l'examen microscopique.

(1) Voici la méthode que j'ai employée pour mesurer les forces électromotrices de polarisation; elle est due à M. Chaperon, *Journal de Physique*, 1884, p. 373.

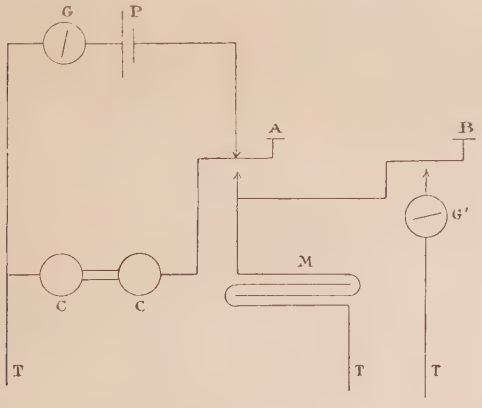


Fig. 1. — P, pile servant à l'électrolyse. — G, galvanomètre donnant l'intensité du courant de charge. — CC, cristalloirs. — A, commutateur. — M, condensateur de 10 microfarads. — B, commutateur. — G', galvanomètre balistique. — T, T, T, terre.

Le courant ayant passé un moment et la polarisation étant complète, on abaisse quatre ou cinq fois le commutateur A, le condensateur M prend une charge proportionnelle à la force électromotrice de polarisation de CC. On abaisse B, la charge de M passe à travers G' dont l'élongation est par suite proportionnelle à la force électromotrice cherchée.

J'ai fait un grand nombre de préparations par les méthodes les plus variées; ayant toujours obtenu les mêmes résultats, il me suffira de donner deux dessins à la chambre claire, l'un d'une coupe en travers d'un gastrocnémien de grenouille altéré et l'autre d'une coupe en long. Cette grenouille avait été soumise à cinq ou six jours d'intervalle à des séances d'électrolyse de cinq minutes, l'intensité du courant étant de deux milliampères. L'animal avait été sacrifié huit jours après la dernière séance.

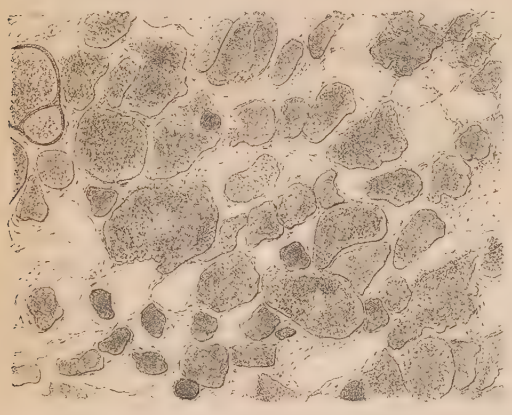


Fig. 3. — Coupe transversale.

Sur la coupe en travers (fig. 3), on voit les fibres musculaires très inégales comme forme et comme volume ; au lieu d'être presque accolées les unes aux autres comme sur le muscle normal, elles sont séparées, le tissu conjonctif interfasciculaire ayant pris un grand développement.

Mais ce qui est bien plus intéressant, c'est ce que l'on observe sur les dissociations et les coupes en long (fig. 4). En faisant des coupes à diverses

Fig. 4. — Coupe longitudinale.

époques après l'électrolyse, j'ai pu suivre l'altération dans ses diverses phases représentées sur la figure. D'abord la striation transversale des muscles disparaît et ils deviennent un peu plus transparents; puis le muscle se fragmente de plus en plus jusqu'à être réduit en granulations. Son enveloppe ou sarcolemme semble résister plus longtemps. On retrouve aussi, dans les préparations, des fibres bien plus fines que les autres et admirablement striées; je ne sais encore d'où elles viennent; peut-être se sont-elles formées depuis la dernière séance d'électrolyse; ce point peut donner lieu à une étude intéressante.

En dernier lieu, pénétré de cette idée que les mêmes lois s'appliquent à la matière, organisée ou non, et convaincu que lorsqu'on a l'explication rationnelle d'un phénomène produit par les agents physiques sur les tissus vivants, on doit pouvoir le reproduire sur les corps inorganiques, je fis une expérience qui donne l'explication physique des faits ci-dessus exposés.

Je pris un tube en U dans le fond duquel je versai une solution de gélatine fortement salée et colorée au tournesol bien neutre; dans chaque branche, une fois la gélatine solidifiée, je versai de l'eau colorée au tournesol, puis je fis passer un courant à l'aide d'électrodes en platine. Le résultat ne se fit pas attendre; non seulement je vis le tournesol changer de couleur au niveau des lames de platine, mais aussi à la surface de séparation de la gélatine et de l'eau: il vira au bleu du côté du pôle négatif, au rouge du côté du pôle positif.

Enfin je cherchai à reproduire autant que possible ce que je crois devoir se passer dans les muscles. Reprenant mon tube en U je plaçai dans le fond une solution de gélatine contenant du chlorure de sodium, et au-dessus de chaque côté je versai de l'eau albumineuse. Je fis passer alors le courant et je vis l'albumine se coaguler à la surface de séparation du côté du pôle positif et se dissoudre complètement du côté du pôle négatif.

Donc *sous l'action du courant il peut y avoir formation d'acides et de bases à la surface de séparation de deux milieux non métalliques :* or le muscle n'est pas une masse homogène et nous pouvons y retrouver toutes les conditions de l'expérience que je viens de citer. Sous l'influence du courant il y aura en certains points dégagement d'acides, en d'autres de bases. — Ces acides et ces bases au contact de la myosine agiront sur elle pour l'altérer. — Si l'on renverse le sens du courant, on peut annuler le premier effet, mais si l'action des acides et des bases sur la myosine n'est pas arrêtée rapidement, l'altération devient profonde, et il en résulte les phénomènes signalés plus haut.

Ces recherches sont loin d'être complètes, j'espère pouvoir bientôt continuer mes expériences et pousser plus loin l'étude des faits.

Dr Georges Weiss.

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Bertrand (Joseph). — **Calcul des probabilités**, 1 vol. gr. in-8°, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1889.

Réduite à ses moindres termes, la théorie des probabilités consiste en cinq ou six propositions fondamentales. Ce sont d'abord les principes relatifs à la probabilité totale, à la probabilité composée et à l'espérance mathématique, puis le théorème des épreuves répétées et celui de Jacques Bernouilli, enfin le principe de Bayes sur la probabilité des causes.

Dans l'exposition de ces principes, M. Bertrand s'est surtout attaché à préciser les conditions dans lesquelles ils sont applicables et à mettre en garde contre toute fausse interprétation. Les principes sont justes; ils conviennent à toutes les probabilités simples évaluées en nombre; mais c'est dans cette évaluation qu'est le péril; si elle est imparfaite, les conséquences ne méritent aucun crédit. Des exemples propres à piquer la curiosité du lecteur et à captiver son attention viennent tour à tour éclairer la doctrine et donner à l'exposition un attrait particulier.

Le calcul des chances n'a été d'abord qu'une science purement spéculative; Pascal, Fermat, Leibnitz, Huygens n'avaient guère en vue que le problème des *partis*. C'est le théorème de Bernouilli qui a donné au calcul des probabilités sa valeur objective. « Le hasard, à tout jeu, corrige ses caprices; les irrégularités même ont leur loi. » Telle est l'image heureuse par laquelle M. Bertrand traduit cette proposition qui, publiée en 1763 dans l'*Ars conjectandi*, est devenue justement célèbre. Son énoncé mathématique est le suivant : si on nomme *écart* la différence entre la probabilité d'un événement et le rapport du nombre de ses apparitions au nombre total des épreuves, et si on prend ce dernier nombre assez grand, il y aura une probabilité, aussi voisine qu'on voudra de la certitude, que l'écart soit moindre que toute quantité donnée. Mais, encore ici, il y a des précautions à prendre dans l'application; M. Bertrand les définit avec netteté : la probabilité doit être objective et rester constante pendant les épreuves. Par exemple, la probabilité pour qu'il pleuve demain ne comporte pas l'application du théorème de Bernouilli.

L'emploi du théorème de Bayes sur les probabilités *à posteriori* donne lieu à des observations analogues; et, c'est avec un vif intérêt que l'on voit l'illustre maître condamner, d'un style ferme et incisif, l'emploi de certaines formules relatives à la probabilité des événements futurs, déduite des événements observés comme corollaire de la probabilité des causes. N'est-on pas allé jusqu'à calculer la probabilité de la présence du Soleil dans un nombre d'années assigné !

Parmi les applications du calcul des probabilités, celle qui se rapporte aux erreurs fortuites et à la méthode des moindres carrés est assurément la plus intéressante et la plus utile. C'est aussi celle qui tient la plus large place dans l'ouvrage qui nous occupe. Il pouvait sembler qu'après Gauss il n'y eut plus rien à glaner dans ce champ; et cependant que d'aperçus ingénieux, que de formules nouvelles et élégantes ne trouve-t-on pas dans les quatre chapitres consacrés à ce sujet! Les travaux si remarquables du grand géomètre de Göttingue sur la combinaison des erreurs d'observation y sont exposés avec une hauteur de vue en harmonie avec leur importance, et discutés avec la finesse et la précision qui caractérisent la manière du savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

La question de la ruine des joueurs a fourni la matière d'un chapitre fort instructif. Quand le jeu est équitable, la ruine des joueurs est certaine, mais en combien de temps? Cette question de la durée du jeu a exercé la sagacité des géomètres les plus distingués; elle a, disons-le en passant, fait l'objet du premier mémoire d'Ampère; mais elle est loin d'être épuisée, tant on peut changer les conditions et varier le point de vue. Parmi les résultats nouveaux rencontrés par M. Bertrand, nous signalerons en particulier celui-ci : Si deux adversaires jouent, à des conditions équitables, jusqu'à la ruine de l'un d'eux, les mises étant de un franc à chaque partie, le nombre probable des parties est égal au produit des deux fortunes. L'étude du cas où le jeu n'est pas équitable nous a conduit nous-même à une formule susceptible d'une heureuse interprétation et à laquelle M. Bertrand a fort gracieusement donné asile dans son livre.

La doctrine des chances n'offre plus la même certitude quand on l'applique à la statistique et aux décisions judiciaires. Deux chapitres sont consacrés à ces questions, et c'est ici que l'idée maîtresse de l'œuvre apparaît dans tout son éclat : l'application du calcul des probabilités n'est légitime que pour des évènements fortuits assimilables à des tirages dans une urne; l'invariabilité approchée du rapport entre le nombre des évènements et le nombre total des épreuves est une condition nécessaire pour l'assimilation, mais elle ne suffit pas, il faut encore que les probabilités d'écart soient les mêmes. C'est pour avoir ignoré ou méconnu ces préceptes que des géomètres de grand renom se sont livrés sur les probabilités des jugements à des calculs stériles dont Stuart Mill a pu dire, non sans raison, qu'ils étaient le scandale des mathématiques. L'assimilation des jurés à des urnes est plus que téméraire; M. Bertrand en fait prompte et bonne justice. Le récit fort piquant des étranges tentatives de Condorcet et de ses adeptes termine cet ouvrage remarquable dont nous sommes parvenu peut-être à faire pressentir l'importance, mais dont la lecture seule peut faire apprécier le charme pénétrant.

Eugène Rouché.

Madamet (A.) Directeur de l'École d'application du Génie maritime. — **La Thermodynamique et ses applications aux machines à vapeur.** Un vol. grand in-8° de 237 pages, avec 97 fig. dans le texte. Bernard et C^ie^, éditeurs, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins.

Le volume que vient de publier M. Madamet sur la thermodynamique ne fait pas double emploi avec les nombreux traités déjà parus sur ce sujet; son livre se distingue par un caractère spécial : c'est un livre pratique : il s'adresse aux ingénieurs plutôt qu'aux purs théoriciens.

Ce point de vue particulier auquel l'auteur s'est placé et qui constitue le très grand intérêt de son ouvrage apparaît dès les premières pages, dans l'exposé même des notions générales sur lesquelles repose la science. Après avoir donné le principe de l'équivalence et le principe de Carnot, M. Madamet fait remarquer que le premier, en fournissant l'équivalence de l'énergie calorifique et de l'énergie mécanique, renseigne sur la *quantité* de la chaleur, tandis que le second, en faisant connaître la fraction maxima du calorique qui peut

être converti en travail, donne en quelque sorte la *qualité* de la chaleur. Cette remarque, dont les applications pratiques ont de l'importance, montre bien dans quel esprit le livre est conçu.

L'auteur, après avoir appliqué rapidement la thermodynomique aux gaz, aux liquides et aux vapeurs, arrive à l'étude des divers phénomènes relatifs aux machines à vapeur; c'est là vraiment la partie importante de l'ouvrage; toutes les questions si complexes, si difficiles, que fait naître l'emploi des moteurs y sont successivement étudiées; les problèmes de détente ou de compression irréversibles des gaz et des vapeurs, le calcul des échanges de chaleur entre la vapeur et les parois, l'influence des détentes successives, des espaces morts, de la surchauffe, de l'entraînement d'eau, de l'étranglement de la valve, de l'enveloppe de vapeur... etc., y sont l'objet de chapitres spéciaux.

Toute cette portion du livre nous a paru d'un réel intérêt, en ce sens qu'elle ne prête pas à une critique trop souvent faite, et à juste titre, aux applications de la thermodynamique; les gaz parfaits n'existent pas, les courbes adiabatiques sont irréalisables, les moteurs réversibles sont purement fictifs et si l'on veut appliquer les formules de la théorie aux cas de la pratique, on fait de telles hypothèses qu'on pourrait ainsi tout démontrer avec le même degré de vraisemblance.

Mais s'il est ainsi impossible d'étudier *a priori* avec une rigueur mathématique les phénomènes que présentera une machine, il n'en est pas moins vrai que la théorie peut fournir à la pratique d'utiles renseignements et des explications fondées; c'est ainsi, par exemple, qu'en ce qui concerne les échanges de chaleur, on est en mesure, comme l'a montré M. Dwelshauvers-Dery, de les calculer avec une grande approximation. C'est à ce point de vue essentiellement raisonnable que se place M. Madamet et c'est pourquoi nous pouvons conseiller aux ingénieurs, aux praticiens, d'avoir son livre : ils le consulteront avec fruit.

H. L.

2° Sciences physiques.

Guillaume (Ch.-Ed.). — **Traité pratique de thermométrie de précision.** Un volume grand in-8°, 336 pages, 12 tables et 4 planches. Gauthier-Villars et fils.

Peu de personnes se font une idée exacte des erreurs qu'elles peuvent commettre dans la lecture d'un thermomètre. Tous les observateurs consciencieux dont les recherches étaient dirigées vers les effets de la chaleur ont été amenés à se préoccuper de la détermination précise des températures, et chacun a fourni quelques renseignements utiles sur la solution pratique de ce problème; mais il restait à coordonner leurs travaux et à les compléter par une étude systématique de la question. Cette étude a été entreprise par le Bureau international des poids et mesures avec les ressources exceptionnelles que cette institution doit à son caractère; la part considérable qu'y a prise M. Guillaume le désignait pour résumer dans un traité spécial les résultats obtenus.

Les températures qui font plus particulièrement l'objet de ce traité sont comprises dans l'intervalle de 0° à 100°, mais c'est déjà un bon résultat que de pouvoir, dans cet espace restreint, réduire à quelques millièmes de degré l'erreur possible des observations isolées.

L'échelle thermométrique qui s'accorde le mieux avec les principes de la thermodynamique est celle que l'on fonde sur la dilatation réelle de l'hydrogène, et c'est à elle qu'on devra rapporter dorénavant toutes les températures mesurées; mais le thermomètre fondé sur la dilatation apparente du mercure dans le verre restera toujours l'instrument immédiat le plus commode à observer et à adopter dans toute espèce de recherche. Or le thermomètre à mercure, désormais convenablement construit, étudié et observé suivant des règles bien définies (ch. I et II), fournira des indications que l'on saura dégager de toutes les causes d'erreur et en particulier de la variation si complexe du réservoir (ch. III); ces indications corrigées, variables avec la nature du verre (ch. IV), permettront enfin de connaître, d'après la comparaison qui a été faite une fois pour toutes (ch. V), la température qu'eût indiquée, dans les mêmes conditions, un thermomètre à hydrogène. Un dernier chapitre du livre de M. Guillaume est consacré à l'étude de la dilatation des solides. Les tables qui le terminent mettent au point, on peut le dire, l'état actuel de la science en ce qui concerne les mesures de haute précision.

Ch. Rivière.

Witz (Aimé), Docteur ès sciences, Ingénieur des arts et manufactures, Professeur de physique à la Faculté libre des Sciences de Lille. — **Exercices de Physique et Applications préparatoires à la licence.** Un vol. in-8° de 320 pages avec 114 fig. dans le texte; Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Grands-Augustins à Paris.

Sous un titre modeste ce livre tient plus qu'il ne promet; c'est un recueil de problèmes, d'exercices, où toutes les questions que peut amener l'étude de la haute physique sont posées et résolues; la thermodynamique, en particulier, a un développement considérable; l'électricité occupe près de la moitié du volume.

Chacun des chapitres est précédé d'un résumé très clair, très précis, très bien fait, de la théorie à laquelle il se rapporte; un tableau synoptique, placé à la suite de ce résumé, réunit les constantes numériques qu'il faut connaître; puis viennent les applications.

Ce volume, qui comprend près de 500 problèmes et où les questions les plus délicates de la physique sont abordées, nous paraît avoir une réelle importance; il réunit des qualités si incontestables de clarté, de hauteur de vues, que nous n'hésitons pas à le signaler non seulement aux étudiants qui préparent la licence, mais encore aux maîtres, dont il est digne à tous égards de fixer l'attention.

L. O.

Dewar. — **Phosphorescence et Ozone,** Communication faite à l'*Institution royale de la Grande-Bretagne*, le 8 juin 1889, et non encore publiée.

Geissler découvrit le premier que les gaz très raréfiés sont phosphorescents. Il faisait passer une décharge électrique dans une série de ballons vides, et constatait ainsi que le résidu gazeux restait lumineux environ cinq secondes après la cessation de la décharge. On ne connaît pas les transformations chimiques qui se produisent dans de telles conditions. Becquerel et plusieurs autres physiciens sont arrivés sur ce point à des résultats contradictoires; les uns rapportent le phénomène à la présence de l'ozone, la phosphorescence ne s'obtenant qu'avec les composés oxygénés, les autres croient à une action de la substance qui constitue les tubes.

M. Dewar a entrepris à ce sujet de nouvelles expériences. L'appareil qu'il emploie est représenté (fig. 1.) Une puissante machine pneumatique permet d'obtenir un courant continu d'air à une pression très faible. Cet air se dessèche et se purifie dans les tubes A. et B contenant : A, du chlorure de calcium; B, de la potasse caustique; il est filtré ensuite sur du coton C, contenu dans un tube en U; après quoi il entre dans un tube à deux ampoules, où l'on peut faire passer des décharges électriques. Les pôles peuvent être indifféremment en charbon, en platine ou en aluminium, cela ne modifie pas les résultats. La partie inférieure du tube s'ouvre dans un large cylindre de verre D mis en communication avec la machine pneumatique et un manomètre à mercure M. Quand le courant d'air fortement raréfié passe à travers le tube (qui est entouré d'une boîte pour

cacher la lueur de la décharge électrique), une traînée lumineuse d'environ deux pieds de long, rappelant par

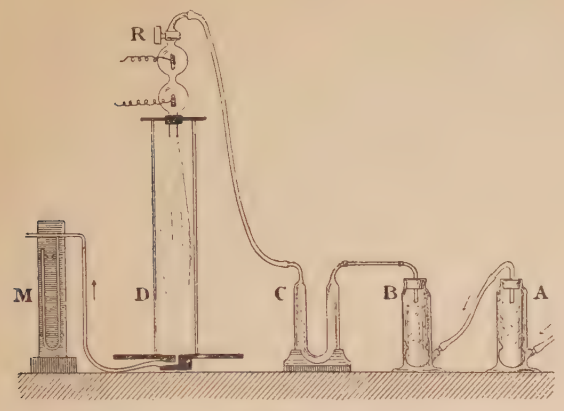


Fig. 1.

sa forme la queue d'une comète, apparaît dans le cylindre de verre.

Cette lueur peut se produire avec d'autres gaz que l'air, *mais seulement avec ceux qui contiennent de l'oxygène*. L'oxygène pur augmente l'intensité de la lueur, mais la raccourcit; l'acide carbonique, le bioxyde d'azote donnent des aigrettes brillantes. On peut constater qu'avec tous ces corps il se produit de l'*ozone* en plaçant dans la lueur de l'iodure de potassium qui brunit immédiatement. Sur les parois du tube il reste au contraire intact.

L'hydrogène, les matières organiques, surtout les huiles essentielles font disparaître la phosphorescence. Il suffit de placer dans le voisinage de la prise d'air un mouchoir contenant une matière odoriférante pour voir la lueur s'éteindre, et il faut attendre ensuite assez longtemps avant que l'appareil fonctionne comme auparavant. Tous ces faits tendent à montrer que c'est à l'ozone seul qu'est due la phosphorescence.

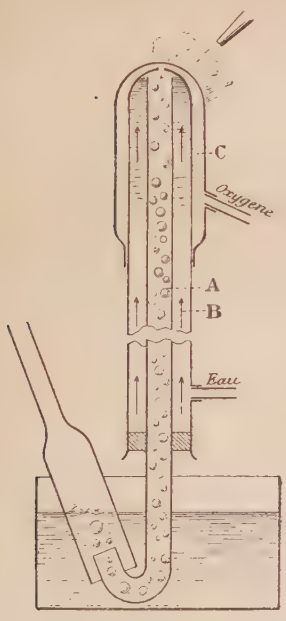


Fig. 2.

L'ozone s'est donc formé dans l'appareil à une température très élevée. Pour montrer la possibilité de cette réaction, M. Dewar décrit un appareil analogue à celui que MM. Troost et Hautefeuille ont employé dans le même but. Cet appareil est représenté fig. 2. Il se compose de trois tubes concentriques : A en verre, B, C en platine. Un courant d'eau froide circule entre A et B et s'écoule ensuite par A en entraînant le gaz compris entre B et C par un petit trou ménagé au sommet de B. Entre les deux tubes de platine on fait alors circuler de l'oxygène et on chauffe extérieurement l'appareil au moyen d'un chalumeau oxyhydrique. L'oxygène ainsi chauffé est brusquement entraîné et refroidi par le courant d'eau; on constate alors qu'il est ozonisé. Ainsi « l'ozone s'est formé sous l'action d'une *température « élevée, permettant la dissociation des molécules d'oxygène « et leur recombinaison en molécules plus complexes d'ozone.* « Nous pouvons concevoir qu'il n'est pas improbable « que quelques-uns des corps élémentaires puissent « être formés un peu comme l'ozone dans l'expérience « précédente, mais à des températures très élevées, par « l'association de certains composants dissociés, et avec « absorption simultanée de chaleur. »

Georges Charpy.

Perman (E.), **Températures d'ébullition du sodium et du potassium**, *Journal of the Chemical Society*, 1889, p. 326-329.

Les métaux alcalins attaquant rapidement les enveloppes de verre à la température du rouge, ceux-ci sont portés à l'ébullition dans un tube de fer. Dans la vapeur métallique, on plonge de petites sphères de verre terminées par une longue tige capillaire que l'on ferme à la lampe quand elles se sont mises en équilibre de température avec la vapeur (*l'équilibre est atteint assez rapidement pour que le verre ne soit pas sensiblement attaqué*). Ces ampoules sont lavées à l'eau bouillante pour détruire le métal adhérent, soigneusement essuyées et pesées; on en brise alors la pointe sous l'eau, on détermine le poids de l'eau qui a pénétré dans l'appareil et aussi celui du même liquide qui le remplit complètement; avec la mesure de la pression atmosphérique, on a les données nécessaires au calcul de la température par la formule

$$\frac{VH}{1+\alpha t} = \text{const.}$$

Par cette méthode l'auteur a trouvé :

Température d'ébullition du sodium	742°
» » potassium	667°

Henri Gautier.

3° Sciences naturelles.

Roux (E.), chef de service à l'Institut Pasteur. — **Bactéridie charbonneuse asporogène**, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. IV, n° 1, 25 janvier 1890.

Les expériences célèbres de MM. Pasteur, Chamberland et Roux sur la fabrication du vaccin anti-charbonneux ont établi que la culture de la bactéridie à 42°5 : 1° diminue sa virulence; 2° *suspend* sa faculté sporogène. En 1883, MM. Chamberland et Roux ont montré qu'on peut la destituer de cette propriété d'*une façon définitive* en ajoutant $\frac{1}{2000}$ de bichromate de potasse au bouillon dans lequel elle se développe. Sa virulence, atténuée par l'antiseptique, se conserve ensuite sans changement appréciable dans les cultures du filament en bouillon ordinaire.

M. Roux vient de constater que la prolifération du microbe au contact prolongé de l'acide phénique à $\frac{1-3}{5000}$ produit aussi ce résultat. En passant successivement de lapin à lapin par l'inoculation du sang de l'animal qui vient de mourir, les filaments rendus asporogènes voient leur virulence s'exalter, mais sans jamais recouvrer leur faculté primitive de former des spores.

Cette observation est très importante pour la théorie de l'atténuation des virus. Dans les cultures à 42°5, instituées par MM. Pasteur, Chamberland et Roux pour transformer en vaccin la bactéridie virulente, l'agent de l'atténuation restait à déterminer, puisque deux facteurs pouvaient agir à la fois : la température et l'oxygène de l'air. Les nouvelles expériences de M. Roux prouvent qu'à 33° l'action de l'air sur les filaments asporogènes « n'est pas assez énergique pour produire la diminution de virulence; elle doit être exaltée par une température plus élevée ».

Signalons aussi avec l'auteur quelques conclusions qui ne sont pas particulières à ses recherches, mais que son travail confirme et tend à généraliser : la

transmission héréditaire d'un caractère biologique (impuissance à former des spores) acquis, une fois pour toutes, à la suite d'un artifice de culture; l'impossibilité de fonder d'une façon certaine la distinction *spécifique* des microbes sur les différences de leur virulence et de leur développement. M. Roux commente à ce sujet une hypothèse émise depuis longtemps par M. Pasteur : « Les organismes pathogènes que nous connaissons aujourd'hui sont peut-être, dit-il en terminant, d'anciens saprophytes adaptés progressivement à la vie parasitaire. »

L. O.

Boschetti (Dr Federico.) — **L'Anatomia del Cavallo, presentata in Tavole sinottiche**; brochure in-4°, *Unione tipografico-editrice Torinense*, Torino, 1890.

L'auteur est le traducteur italien du classique *Traité d'Anatomie comparée*, de MM. Chauveau et Arloing. Pour faciliter l'étude du cheval, il a composé un ensemble de 14 tableaux où se trouvent très heureusement groupés, sous forme synoptique, toutes les particularités saillantes de l'organisation de cet animal. Son opuscule, écrit surtout pour les vétérinaires, rendra service aussi à tous ceux qui s'occupent d'Anatomie comparée.

L. O.

Beauregard (H.). — **Les Insectes vésicants.** F. Alcan. Paris, 1890.

4° Sciences médicales.

Verneuil (A.). — **Propriétés pathogènes des microbes renfermés dans les tumeurs malignes**, *Rev. de chirurgie*, Paris 1889, t. IX, p. 793.

Frappé des accidents fébriles qui surviennent quelquefois chez les malades qu'il opère, en particulier dans les cas où il s'agit de néoplasmes ramollis, le professeur Verneuil a cherché si la cause des accidents n'était pas dans une auto-inoculation produite au cours de l'intervention. Les recherches, qu'il a pratiquées avec la collaboration de ses chefs de laboratoire successifs MM. Nepveu et Clado, lui ont fait constater la présence dans ces néoplasmes de microbes de nature variable. Ce seraient ces microbes qui amèneraient dans l'évolution et la nutrition des tumeurs diverses modifications, entre autres l'accroissement rapide, le ramollissement et l'ulcération; leur présence expliquerait aussi la fièvre plus ou moins intense et irrégulière, qu'on observe quelquefois chez les malades porteurs de certaines tumeurs malignes et qu'on a décrite sous le nom de fièvre des néoplasmes. En résumé, mémoire plein de vues ingénieuses, qu'on lira avec intérêt et qui demande de nouvelles recherches, que M. Verneuil nous promet, du reste, dans un avenir prochain.

Hartmann.

L. Wickam, interne des hôpitaux. — **Anatomie pathologique et nature de la « maladie de Paget du mamelon »**. Laboratoire de la Faculté à l'hôpital Saint-Louis. (*Archives de médecine expérimentale*, 1890, T. I, p. 46).

Cette maladie, décrite en 1874 par Paget, reconnue d'origine *parasitaire* après les remarquables travaux de Darier (1889), présente un intérêt puissant, en ce sens qu'elle est un des aboutissants de la théorie parasitaire du cancer, les parasites qui la produisent (sporozoaires de l'ordre des psorospermies) semblant avoir une influence directe sur le développement de l'épithéliome, dernier stade de son évolution. Rare avant la ménopause, généralement unilatérale, elle débute par le mamelon, qui, tendant de suite à se rétracter, se charge de concrétions cornées ou de petites croûtes recouvrant une légère exulcération. L'aréole est ensuite envahie, puis les tissus voisins, sous forme d'une plaque rouge, — présentant : en certains points des squames et des croûtes; en d'autres, de petites exulcérations rouge vif, humides; ailleurs des plaques épidermiques minces et sèches, cicatricielles, que les sensations de brûlure et les démangeaisons qui l'accompagnent, pourraient faire prendre pour de l'eczéma, si elle ne tranchait sur les tissus sains par ses bords bien limités, de couleur rosée, en forme de bourrelet régulièrement circulaire ou polycyclique. A une période variable de ce développement lent et progressif, parfois plusieurs années après le début, le mamelon qui a continué à se rétracter par formation de tissu scléreux (Vidal) devient le siège d'une ulcération végétante. L'épithéliôme, qui a débuté par l'épiderme ou par les glandes où leurs conduits est constitué; il est toujours à type pavimenteux, de forme lobulée ou tubulée. Dans les lobes et les tubes épithéliaux on trouve *toujours des psorospermies* bien évidentes nettement enkystées, psorospermies dont M. L. Wickam a pu suivre pas à pas l'évolution pathogénique dans les périodes : de début (squameuse), intermédiaire (exulcérative), terminale (épithéliale) de la maladie du mamelon.

Dr E. De Lavarenne.

Schaffer (Dr) (de Buda-Pesth). — **Nouvelle contribution à la pathologie et à l'histologie de la rage humaine.** (*Annales de l'Institut Pasteur*, n° 12, 1889.)

L'auteur a eu l'occasion de faire l'autopsie de six individus morts de la rage; à cette occasion il a pu étudier à nouveau les lésions du système nerveux. Comme les autres auteurs il a constaté à l'œil nu des congestions et des hémorrhagies dans diverses régions de la moelle; mais après durcissement des centres nerveux dans le liquide de Müller, il a trouvé un grand nombre de petits îlots atteints de ramollissement nécrosique ; déjà M. Gamaléia avait signalé que la rage médullaire est caractérisée par la nécrose des foyers. Ces lésions dans les cas de M. Schaffer se montraient dans les cornes antérieures et postérieures et dans la substance blanche, surtout à la limite des faisceaux de Goel et de Burdach. M. Schaffer a fait voir que les régions de la moelle les plus altérées sont celles qui correspondent au lieu de la morsure, c'est-à-dire moelle cervicale surtout atteinte dans les morsures du membre supérieur, moelle lombaire dans celles du membre inférieur. Les faits expérimentaux de Burdach, de Cantani, de Vestea et Zagari avaient déjà éclairé ce point de doctrine, bien en rapport avec *la théorie nerveuse* de la rage généralement acceptée aujourd'hui, théorie qui veut que le virus rabique suive le trajet des troncs nerveux, de la morsure aux centres bulbo-médullaires. L'auteur ne dit pas s'il a trouvé des localisations bulbaires dans les cas de morsure à la face.

Les faits réellement nouveaux du mémoire de M. Schaffer consistent dans les altérations des éléments nerveux non signalées jusqu'ici. Les cellules des cornes antérieures présentent des altérations variées, *atrophie pigmentaire, formation de vacuoles*, mais surtout une *dégénérescence granuleuse du noyau* de la cellule; ce que l'auteur appelle *dégénérescence fibrineuse* n'est probablement que le premier degré de l'atrophie granuleuse. Les altérations de la substance blanche consistent en une hypertrophie du cylindre-axe, dégénérescence des gaines de myéline qui peuvent disparaître. Mêmes lésions dans le bulbe. Les nerfs périphériques en rapport avec le lieu de la morsure sont aussi malades; les altérations consistent en infiltration de leucocytes, hypertrophie du cylindre-axe, dégénérescence de la gaine. De tous ces faits l'auteur conclut que les lésions de la rage sont caractérisées par une myélite aiguë, insulaire, disséminée, non systématique, avec prédominance dans la région correspondant à la morsure.

Dr H. Dubief.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 janvier 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Cayley** : Sur les racines d'une équation algébrique. — M. **Paul Appell** : Sur les fonctions de deux variables à plusieurs paires de périodes. — M. **Paul Painlevé** : Sur les transformations simplement rationnelles des surfaces algébriques. — M. **de Jonquières** : Sur le théorème d'Euler dans la théorie des polyèdres. — M. **Duménil** : Variations de grandeur de l'étoile *Mira-Ceti*.

2° Sciences physiques. — M. **Ch. V. Zenger**, en comparant les Tables spéciales, a remarqué que les orages magnétiques et les aurores boréales sont simultanés sur les continents européen et américain, ce qui montre leur origine extra-terrestre ; il relève en outre une relation entre ces phénomènes d'une part, d'autre part la période solaire de 12, 6 jours et le passage des essaims périodiques d'étoiles filantes. — M. **A. Etard**, qui avait précédemment étudié la solubilité d'un mélange de chlorures de divers métaux, a étudié cette fois le cas où dans la solution d'un même métal, les métalloïdes varient; en déterminant la quantité et la composition de la partie du mélange qui se dissout à des températures variables, il met en lumière la loi suivant laquelle les métalloïdes se partagent la saturation d'un métal en fonction de la température. — Après avoir reconnu que les solutions d'iode dans les divers dissolvants présentent une gamme de nuances allant du violet au brun, MM. **H. Gautier** et **G. Charpy** appliquant à ces solutions la méthode cryoscopique concluent que le poids moléculaire de l'iode en dissolution prend, depuis I^4 dans les solutions brunes, des valeurs d'autant plus voisines de I^2 (molécule de l'iode en vapeur), que la couleur de la solution se rapproche davantage du violet. — M. **L. Amat** a fait l'étude calorimétrique des phosphites et pyrophosphites de soude. — MM. **A. Behal** et **V. Auger** en faisant réagir le chlorure d'éthylmalonyle sur l'éthylbenzine en présence du chlorure d'aluminium, ont obtenu une diethylbenzine en position meta. — M. **A. de Schulten**, en faisant évaporer lentement le carbonate d'ammoniaque d'une solution de carbonate de cuivre dans ce sel, a obtenu la formation de cristaux de malachite, identiques aux points de vue cristallographique et optique à la malachite naturelle, et peu différents comme indice de dureté.

2° Sciences naturelles. — M. **L. Ranvier** a trouvé dans diverses membranes connectives des Vertébrés des éléments particuliers qu'il appelle *clasmatocytes*. Ces cellules, facilement visibles sur un mésentère de Batracien fixé à l'acide osmique et coloré par le violet de méthyle BBBB, présentent comme propriété caractéristique un bourgeonnement incessant. Elles proviennent de globules blancs émigrés dans les mailles du tissu conjonctif. On trouve en effet toutes les formes intermédiaires entre le globule blanc amiboïde et le clasmatocyte bien caractérisé. — M. **Ch. Bohr** comparant la tension des gaz dans le sang et dans l'air expiré par le poumon, conclut que les différences de pression ne peuvent expliquer les échanges respiratoires et qu'il faut admettre, de la part du parenchyme pulmonaire, une sorte d'action sécrétoire. — M. **Ch. Musset** a démontré sur un certain nombre de plantes croissant librement, que la lumière de la lune exerce une action sur l'orientation des fleurs. Il appelle cette action *sélénotropisme*. — M. **Abel Dutartre** signale le fait que le poison de la salamandre a une action destructive intense sur les globules sanguins des mammifères et des batraciens. — M. **Aimé Girard** indique que l'espèce de pomme de terre appelée *Richters imperator* donne des rendements en fécule supérieurs à ceux des autres espèces. — M. **Dehérain** confirme le fait. — MM. **G. Sée** et **Bordas**, étudiant la pneumonie fibrineuse au point de vue bactériologique, ont toujours retrouvé le *diplococcus lanceolatus* dans le poumon des individus morts de cette maladie, plusieurs fois dans d'autres organes, une seule fois dans le sang. — M. **A. de Grossouvre** signale la présence de fossiles alpins dans le callovien de l'Ouest de la France.

Séance du 3 février 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Cayley** : Sur les racines d'une équation algébrique. — M. **A. Mannheim** : Sur un mode de transformation en géométrie cinématique. — M. **L. Raffy** : Détermination de toutes les surfaces harmoniques réglées. — M. **Paul Painlevé** : Sur les transformations simplement rationnelles des surfaces, et sur une classe d'équations différentielles. — M. **F. Tisserand** : Sur les noyaux de la grande comète II de 1882. — M. **Tacchini** : Observations solaires du second semestre de 1889.

2° Sciences physiques. — Poursuivant leurs recherches sur la propagation du son dans un tuyau cylindrique, MM. **Violle** et **Vautier** sont parvenus à établir un certains nombre de faits dont les plus généraux sont les suivants : Quelle que soit la nature de l'ébranlement initial, l'onde sonore tend vers une forme simple déterminée. — Cette forme une fois atteinte, les différentes parties de l'onde se propagent avec une même vitesse uniforme. La vitesse normale de propagation du son dans l'air libre, sec, à 0° est de 331^m,10. — M. **Joubin** a étudié l'état du champ magnétique dans les conducteurs à trois dimensions; il a employé comme conducteur une large colonne de solution de sulfate cuivrique ; en observant les déviations d'un petit aimant promené à l'intérieur comme à l'extérieur de cette colonne liquide, il a reconnu que le champ magnétique produit par un courant existe aussi bien dans le milieu traversé par le flux électrique que dans le milieu extérieur et qu'il y a continuité en passant par la surface de séparation. — M. **J. Borgman** a répété les expériences de M. E. Thomson sur les actions mécaniques des courants variables ; il a obtenu quelques faits nouveaux, par exemple en faisant agir ces courants sur du mercure en couche mince. — M. **R. Savelief** expose les résultats des observations actinométriques qu'il a faites à Kiev en 1888-1889 au moyen de l'actinomètre de M. Crova. — M. **Joannis**, qui avait étudié la tension de dissociation du sodammonium, conteste la légitimité de l'interprétation que M. Roozeboom a donnée de ces phénomènes d'après ses propres études sur l'équilibre. Il apporte quelques faits nouveaux qui contredisent cette interprétation. — M. **Besson** a étudié les combinaisons du gaz ammoniac et du gaz hydrogène phosphoré avec le bichlorure et le bibromure de silicium. — M. **F. Osmond** a étudié l'influence que la présence de certains corps étrangers exerce sur les modifications allotropiques du fer et de l'acier pendant que ces corps s'échauffent ou se refroidissent. Il a examiné à ce point de vue des alliages de fer à divers degrés de carburation avec le bore, le nickel, l'arsenic, le silicium et le tungstène. — M. **E. Mallard** signale une nouvelle variété miné-

rale cristallisée de la silice. Cette variété, qu'il appelle *Lussatite*, forme une enveloppe fibreuse aux grands cristaux de quartz limpide que l'on trouve dans divers gisements de bitume. — M. **A. Gorgeu**, en faisant l'analyse de deux oxydes de manganèse naturels, les *Psilomelanes* et les *Wado*, les a trouvés constitués par des combinaisons très stables de l'acide manganeux avec diverses bases. — M. **Stanislas Meunier**, en réduisant simultanément par l'hydrogène le chlorure de platine et le chlorure de fer, a obtenu à une température relativement basse la formation du platine ferrifère magnétipolaire; par ce procédé il a pu reproduire, en même temps que l'ensemble des caractères physiques et chimiques de cette espèce minérale, les traits essentiels du gisement du platine au sein des roches magnésiennes.

3° Sciences naturelles. — M. **Faurot** a étudié le développement de l'*Halcampa chrysantellum* d'après la disposition des cloisons mésentéroïdes. — M. **Paul Marchal** montre que l'appareil excréteur de l'écrevisse est formé : 1° d'un sac cloisonné dont les cavités affectent la disposition d'une glande en grappe ; 2° d'un réseau glandulaire occupant toute la face inférieure de la glande; 3° d'un tube transparent contourné ; 4° d'un cordon spongieux pelotonné sur lui-même ; 5° d'une vessie et 6° d'un canal excréteur, ces différentes parties communiquant entre elles dans cet ordre. — M. **P. Dangeard** a étudié la manière dont les diverses parties de la tige et de la racine des Gymnospermes s'unissent région à région. — M. **A. de Tillo** présente avec une carte hypsométrique de la Russie d'Europe quelques considérations générales sur l'orographie de ce pays.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 28 janvier 1890

L'Académie termine la discussion sur la prophylaxie de la tuberculose par le vote des conclusions suivantes proposées par M. **Bergeron** : « 1° La tuberculose est une maladie parasitaire et contagieuse. Le microbe de la contagion réside dans les poussières qu'engendrent les crachats desséchés des phtysiques et le pus des plaies tuberculeuses. Le plus sûr moyen d'empêcher la contagion consiste donc à détruire ces crachats et le pus, avant leur dessiccation, par l'eau bouillante et par le feu. 2° Le parasite se trouve aussi quelquefois dans le lait des vaches tuberculeuses; il est donc prudent de n'employer le lait qu'après l'avoir fait bouillir. 3° L'Académie appelle l'attention des autorités compétentes sur les dangers que les tuberculeux font courir aux diverses collectivités dont elles ont la direction, tels que lycées, casernes, grandes administrations et ateliers de l'Etat. » — M. **Bouchard** fait une communication sur la pathogénie de la grippe à propos d'observations reçues de M. Tueffert (de Montbéliard) montrant la filiation de la grippe chez 11 malades. Ces faits, rapprochés de ceux de contagion de villes en villes, tendent à prouver la nature infectieuse et contagieuse de la maladie qu'il lui avait refusée précédemment. Il n'a pas trouvé d'organisme spécifique de la grippe, mais, dans les affections secondaires symptomatiques : le staphilococcus pyogenes aureus (herpès fébrile), le pneumocoque (pneumonie, otites, etc.), le streptococcus (crachats bronchiques, pleurésies, arthrites, amygdalites), organismes habituels à notre économie devenant nocifs et constituant l'élément infectieux dans la grippe, soit par diminution de la défense de l'organisme contre leur passage, soit par exaltation de leur virulence. — M. **Aug. Ollivier**, sans conclure des animaux à l'homme, cite des cas de contagion d'une dame à son chat, de 3 chats entre eux, qui semblent démontrer la nature contagieuse de la grippe et son mode de contagion par le mucus nasal. — M. **Tarnier** présente une infirmière de la clinique se servant constamment de solutions de sulfate de cuivre, qui porte aux mains un pseudo-eczéma avec gerçures et excoriations saignantes, dont M. **Fournier** montre le danger au point de vue de la contagion de la part des nourissons syphilitiques; il pense qu'il faut renoncer à l'emploi du sulfate de cuivre en obstétrique.

Séance du 4 février 1890

M. **Proust**, à l'appui de la nature contagieuse de la grippe, cite un rapport de mer du Dr d'Hoste du *Saint-Germain* relatant une épidémie de bateau (154 passagers sur 436, plus 47 hommes d'équipage) ayant eu pour origine l'embarquement d'un passager arrivant de Madrid où régnait la grippe, atteint de la maladie le lendemain de l'embarquement, l'ayant communiquée au docteur, etc., etc., du 6 décembre au 3 janvier. — M. **Laborde**, à l'appui de la communication de M. Bouchard (27 janvier), cite le cas d'un médecin, atteint d'érysipèle grave dans le cours d'une grippe, dont la bonne est morte rapidement d'une pneumonie sans pneumocoques mais avec streptocoques de l'érysipèle. — Expériences à ce propos : laboratoire de M. **Brouardel**. — M. **Devillers** pense que le lait bouilli, cause la plus efficace de diarrhée infantile, est ainsi plus dangereux que le lait non bouilli, cause exceptionnelle de tuberculose. — M. **Périer** présente un malade auquel il a fait, en conservant le bras, l'ablation de l'omoplate envahie par un sarcôme. Opération le 15 octobre. Guérison parfaite. Pas de récidive. Fonctionnement du bras limité, mais s'améliorant : le malade peut porter la main à la bouche. — M. **Budin** : lit son rapport sur « l'antisepsie des femmes en couches par les sages-femmes, » concluant à l'autorisation à donner aux sages-femmes diplômées, d'employer un seul antiseptique toujours le même : sublimé 0,25, acide tartrique 1 gramme, Rouge de Bordeaux 1 milligramme pour un litre d'eau. (Discussion renvoyée). — M. **Armand Gautier** en commun avec M. **Mourgues** fait une communication relative aux alcaloïdes de l'huile de foies de morues. Celle-ci doit son efficacité : 1° A ses corps gras facilement assimilables grâce à leur légère acidité et à leur saponification partielle. 2° à sa richesse en phosphate, acide phosphorique, lécithine, phosphore combiné à l'état organique, donc très assimilable, et à la petite quantité de brôme et d'iode combinés; 3° à ses alcaloïdes : butylamine, amylamine et surtout morrhuïne et acide morrhuïque, agissant puissamment sur les centres nerveux qui président à la nutrition Plus grande efficacité des huiles colorées riches en bases. Suractivité des fonctions rénales, sudorales, intestinales ; augmentation d'appétit : indices *d'une suractivité* nutritive.

Dr E. De Lavarenne.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 1er février 1890

M. **Retterer** a complété l'étude du développement de la région anale des mammifères; le cloaque se divise par la réunion de haut en bas des deux replis cloacaux latéraux ; quand la cloison est arrivée à l'orifice du cloaque, le rudiment périnéal figure un 8 de chiffre dont les deux boucles sont ouvertes ; l'orifice antérieur ou uréthral se ferme d'arrière en avant, l'orifice postérieur ou anus, d'avant en arrière. — M. **Léon Guignard** a déterminé, dans les feuilles de laurier-cerise et les amandes, la localisation de *l'émulsine*, c'est-à-dire de la diastase qui dégage l'acide cyanhydrique de l'amygdaline. Cette substance est renfermée exclusivement : pour les amandes, dans la péricycle des faisceaux libero-ligneux ; pour les feuilles de laurier-cerise,

dans une gaine de cellules spéciales entourant le péricycle sclérifié. — MM. **Arthaud** et **Butte** ont fait des recherches pour déterminer le mécanisme par lequel l'extirpation du pancréas produit la glycosurie ; ils croient que le phénomène tient aux troubles circulatoires produits indirectement dans le foie. — **M. H. Vincent** indique que, pour obtenir sûrement des cultures du bacille typhique avec ses caractères classiques, il faut l'ensemencer dans du bouillon phéniqué, porter à 42° et pratiquer les ensemencements successifs avec des cultures très jeunes. — M. **Gréhant**, s'est assuré que lorsqu'on empoisonne un animal par une goutte d'acide cyanhydrique dans l'œil, ce n'est pas par les voies respiratoires que se fait l'absorption. — MM. **Malassez et Vignal** rappellent qu'ils ont constaté les virulences des crachats tuberculeux après plusieurs dessiccations successives. — M. **Nicati** fait une communication pour démontrer que le glaucôme est un œdème variqueux de la chorio-capillaire.

Séance du 8 février 1890

M. **Ch. Henry** : Principe et graduation d'un thermomètre physiologique. — M. **Déjerine** communique un cas de *syringo-myélie* type, remontant à 40 années, dont il a l'observation clinique et l'autopsie. Ce cas confirme entièrement la théorie physiologique qui fait passer les sensations tactiles par les cordons blancs postérieurs, et les sensations thermiques et douloureuses par l'axe gris de la moelle. — M. **Tourneux** a envoyé une note sur la formation du périnée chez les moutons. — M. **Pouchet** signale quelques particularités que présentait le cachalot récemment échoué à l'île de Ré. — M. **Malassez** présente un appareil de contention d'un type nouveau pour lapins, rats et cobayes.

L. Lapicque.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

SÉANCE DU 7 FÉVRIER 1890

M. **Gernez** expose la suite de ses recherches sur l'application de la mesure du pouvoir rotatoire à l'étude de diverses combinaisons chimiques. Si l'on ajoute à une dissolution contenant 1 équivalent d'acide malique, dissolution douée d'un faible pouvoir rotatoire, des fractions graduellement croissantes d'équivalent de molybdate de soude ou d'ammoniaque, sels naturellement inactifs, on constate que le pouvoir rotatoire varie dans une proportion considérable (1 à 200 par exemple). Les variations sont d'abord progressives, puis le pouvoir rotatoire passe par un maximum, diminue, peut changer de signe, passe par un nouveau maximum, etc... Ces divers maxima correspondent à des proportions simples et caractérisent sans doute des combinaisons déterminées. On voit à quelles erreurs on s'exposerait si on voulait appliquer à l'analyse de tels mélanges les règles adoptées en saccharimétrie. — M. **Ph. A. Guye** fait une communication sur la constitution moléculaire des corps au point critique. M. van der Waals a proposé une formule bien connue pour relier la pression, la température et le volume d'un corps à l'état liquide ou gazeux ; dans cette formule entre un coefficient b qui est proportionnel au *coefficient critique* (rapport de la température à la pression critiques) ; d'après les conceptions de M. van der Waals, ce coefficient représenterait le volume propre des molécules de la masse considérée. Dans un tout autre ordre d'idées, Clausius a démontré la relation $v = \frac{K-1}{K-2}$ (K étant la *constante diélectrique* et v le rapport de la somme des volumes des petites masses sphériques conductrices qu'il imagine au sein du diélectrique, au volume total de ce diélectrique). Maxwel établit d'autre part, dans la théorie électro-magnétique de la lumière que K est égal au carré de l'indice de réfration n (1). On est, d'après ces théories, conduit à regarder le nombre $T = \frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{M}{d}$ (M étant le poids moléculaire, d la densité) comme proportionnel au volume des molécules. M. Guye a vérifié, sur une cinquantaine de corps, l'exacte proportionnalité du coefficient b au nombre T. Cette loi remarquable établit un lien fort curieux entre des théories distinctes ; elle fournit, en outre, des conséquences chimiques fort intéressantes.

Lucien Poincarré.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

Séance du 4 janvier 1890

1° Sciences mathématiques. — M. **Terby** rend compte de la découverte récente faite par M. Schiaparelli sur la rotation de Mercure : la durée de la rotation de cette planète serait égale à celle de sa révolution autour du Soleil ; elle serait donc, par rapport à cet astre, dans les mêmes conditions que la Lune par rapport à la Terre ; et, de même que nous ne voyons jamais qu'une seule face de la Lune, de même une seule face de Mercure verrait le Soleil.

2° Sciences physiques. — M. **P. Van Beneden** fait une lecture sur un point de l'histoire nationale des Cétacés. Un journal français avait annoncé la capture, à l'île Saint-Honorat, d'un énorme poisson extraordinaire que le syndic des gens de mer à Cannes avait pris pour un Narval et dont il avait donné une description très sommaire. Celle-ci a suffi à M. Van Beneden pour déterminer l'espèce à laquelle appartenait ce monstre marin. La connaissance des Cétacés dans les mers d'Europe a fait, dit-il, de grand progrès en ces derniers temps ; les moindres indications de taille ou de couleur suffiront pour reconnaître tout Cétacé qui, dorénavant, viendra échouer sur une côte quelconque des mers d'Europe. Nous comptons en tout 20 à 23 espèces dans nos mers, en y comprenant même trois qui sont propres au Groënland et au Spitzberg : le Mysticetus, le Beluga et le Narval, qui ne quittent pas les glaces polaires ; 14 d'entre elles pénètrent dans la Méditerranée et autant dans la Baltique. Il est à remarquer qu'aucune de ces espèces n'appartient à ces mers intérieures, et qu'il en est de même des 3 seuls Delphinides qu'on rencontre dans la mer Noire : le Marsouin, le Tursiops et le Dauphin ordinaire. — Quel est le nom du Cétacé qui vient de se perdre sur le rocher de Bancals ? Des 12 ou 13 Cétacés qui visitent la Méditerranée 3 appartiennent aux Balénides (Balenoptera musculus et rostrata, Megaptera boops). Les Ziphoïdes ne comprennent que le Ziphius cavirostris et Hyperoodon. Parmi les Delphinides il n'y a que l'Orque et le Globiceps qui atteignent la taille de celui qui vient d'échouer. Le monstre échoué est sans doute le *Ziphius cavirostris*, puisque l'Hyperoodon, que l'on capture périodiquement sur les côtes des Feroë, ne visite que les régions méridionales. On ne connaît qu'un seul exemple d'un Hyperoodon capturé dans la Méditerranée. Il est vrai, si l'on tient compte de la taille, que le monstre de Saint-Honorat pourrait être un Orque, mais les fortes dents de l'Orque et la coloration toute particulière de la peau auraient sans doute attiré l'attention des pêcheurs qui l'ont vu échouer. Du reste, nous avons aujourd'hui nos références au sujet de cette détermination : le Musée royal de Belgique a fait l'acquisition du squelette, qui comble une lacune importante dans la collection des Cétacés vivants et nous y trouvons tous les caractères de ce curieux Cétacé.

F. Folie,
Membre de l'Académie,
Directeur de l'Observatoire de Bruxelles.

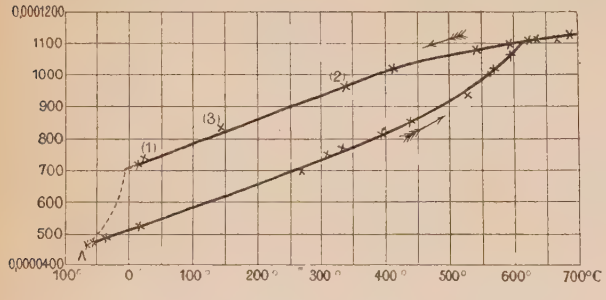
(1) Pour une longueur d'onde infinie.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 23 janvier 1890

Sciences mathématiques. — M. **Isaac Roberts** : Sur une méthode photographique pour déterminer la variabilité des étoiles. La méthode proposée consiste à prendre une ou plusieurs images d'un espace donné du ciel sur la même plaque photographique ; la plaque est disposée de telle sorte que les images ne peuvent se superposer. On peut ainsi découvrir tous les changements d'intensité lumineuse qui se sont produits entre les deux moments où les photographies ont été prises. On a appliqué cette méthode à la nébuleuse d'Orion ; on a pu constater que, dans un espace de moins de deux degrés carrés, 10 étoiles avaient en cinq jours considérablement varié d'intensité lumineuse.

Sciences physiques. — M. **J. Hopkinson** : Un fil d'acier nickelé (fer : 74 %, nickel 25) perd ses propriétés magnétiques, si on le chauffe au rouge sombre et qu'on le laisse ensuite se refroidir. La résistance électrique



Résistance suivant la température.

du fil aux températures ordinaires est très différente dans les deux états. La résistance spécifique à l'état magnétique est d'environ 0,000052, et à l'état non-magnétique d'environ 0,000072 Les échantillons non magnétiques présentent une résistance à la rupture de 50 tonnes par pouce carré ; l'allongement maximum est de 32 %. Des échantillons magnétiques présentent une résistance de 81 tonnes par pouce carré, l'allongement maximum est de 7 %. Après la rupture d'un fil non magnétique, les deux parties du fil deviennent magnétiques. Si on refroidit, au moyen d'acide carbonique solide, un fil non magnétique, toutes ses propriétés changent ; il est transformé d'acier doux en acier trempé, il devient magnétique et il faut le chauffer à 600° pour lui rendre ses propriétés primitives.

Séance du 30 janvier 1890

Sciences physiques. — M. **L. F. Vernon Harcourt** : Recherches sur les effets des murs longitudinaux (haining walls) dans un estuaire comme la Mersey. Les expériences ont été faites sur un modèle de l'estuaire pour résoudre deux problèmes. (1. L'influence des murs longitudinaux placés dans le large estuaire supérieur sur le chenal, situé au dessous de Liverpool et qui traverse la barre. (2. Les effets des murs longitudinaux placés dans l'estuaire inférieur sur le chenal qui traverse la barre. Voici les résultats : les murs placés dans l'estuaire supérieur sont nuisibles, parce qu'ils augmentent la quantité d'eau dans l'estuaire, tandis que dans l'estuaire inférieur ils augmentent la profondeur du chenal de sortie ; ils offrent ainsi le meilleur moyen de créer à travers la barre un chenal fixe et profond.

Sciences naturelles. — Dr **C.-S. Sherrington** : Sur les cellules nerveuses extérieures de la moelle épinière des mammifères. L'auteur a observé des cellules nerveuses isolées non seulement dans les parties profondes des colonnes latérales, mais aussi dans les colonnes antérieures et postérieures. Dans les colonnes postérieures, ces cellules semblent détachées du groupe vésiculaire postérieur de Clarke et elles ressemblent de très près aux cellules de la colonne de Clarke. Elles sont souvent voisines des cellules de la colonne de Clarke, mais dans quelques cas, elles sont beaucoup plus éloignées de la substance grise, elles peuvent même être très voisines de la périphérie de la colonne extéro-postérieure. Dans la partie de la colonne latérale qui est adjacente aux formations réticulaires latérales, il y a de nombreuses cellules nerveuses dispersées entre les tractus de fibres blanches. Elles sont souvent fusiformes, mais souvent aussi multipolaires. Dans la colonne latérale elle-même, il n'est pas rare de trouver des cellules détachées du groupe des petites cellules de la corne latérale (Clarke's tractus intermedio-lateralis), situées dans la substance blanche, nettement en dehors des limites de la substance grise. Ces cellules sont fusiformes. Dans les colonnes antérieures, on trouve des cellules multipolaires parmi les faisceaux de fibres qui passent entre le bord interne de la corne antérieure et la commissure antérieure à la base de la scissure antérieure. Si les cellules externes de la colonne postérieure appartiennent au groupe de Clarke, il semble probable que ce groupe est en connexion directe avec ces fibres médianes des racines postérieures qui, après un trajet ascendant dans la colonne de Burdach, plongent dans la substance grise à la base de la corne postérieure. — Professeur **J. R. Green** : Sur la germination des graines du *Ricinus communis*. L'auteur a recherché comment les réserves nutritives deviennent, pendant la germination, assimilables pour l'embryon : il a trouvé dans la graine un ferment zymogène, qui entre aisément en action sous l'influence de la chaleur et des acides faibles. Il décompose les principes gras et détermine la formation de glycérine et d'acide rici-oléique. Les matières protéiques sont décomposées par un autre ferment, avec formation de peptone et d'asparagine. Les seuls produits qu'absorbe l'embryon sont un acide cristallisé, du sucre et peut-être des peptones et de l'asparagine. Le mode d'absorption est toujours la dialyse. Les changements chimiques commencent dans l'endosperme et se produisent même lorsqu'on a enlevé soigneusement l'embryon. La germination est plus rapide cependant si tout ou partie de l'embryon reste en contact avec l'endosperme. Il se développe au cours de la germination un ferment analogue à la présure, d'une grande activité, mais son action n'est point encore expliquée.

Séance du 6 février 1890.

Sciences mathématiques. — **Major Mac Mahon** (Royal Artillery) : Mémoire sur les jonctions symétriques des racines de systèmes d'équations. — Ce mémoire traite de l'extension aux systèmes de quantités algébriques de la nouvelle théorie des fonctions symétriques par rapport à un seul système récemment développé par l'auteur. (*American Journal of Mathematic*, V. II.)

Sciences naturelles. — Dr **J. W. Eldridge Green** : Nouvelle théorie de l'achromatopsie et de la vision des couleurs. D'après l'auteur les personnes qui ont une vue normale ne perçoivent que six couleurs : le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu et le violet. Les autres couleurs ne sont perçues que comme des nuances de celles-là. Tandis que la série physique, (le spectre) comprend un nombre infini d'unités, la série psycho-physique c'est-à-dire la série perçue par l'esprit, se compose d'unités définies, dont le nombre dépend des dimensions du centre de perception. Au premier degré d'achromatopsie, on ne perçoit que cinq couleurs dans le spectre, au suivant quatre, puis trois, puis deux ; alors apparaît entre le vert et le bleu une bande neutre, qui va grandissant jusqu'à ce que l'on arrive dans certains cas à l'achromatopsie complète. L'auteur considère donc la vision normale comme une hexachromie et la vision des achromatopsiques comme une pentachromie, une tétrachromie, ou une dichromie.

Richard O. Gregory.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE SAINT-PÉTERSBOURG

1re *séance de l'année* : 28 *janvier* 1890

Rapport de M. le Secrétaire perpétuel sur les travaux de 1889.—1° Sciences mathématiques.— M. **Tchebycheff** a inséré dans les zapiskys un mémoire sur les expressions approximatives de la racine carrée de la variable par des fractions simples. L'auteur y fait l'application générale d'un théorème démontré par lui dans son mémoire sur « les questions de minima qui se rattachent à la représentation approximative des fonctions ». — M. **Imchenetsky**, dans son mémoire sur l'intégration des équations différentielles symétriques, a fait des recherches importantes sur une nouvelle forme de ces équations. — Parmi les mémoires des savants étrangers, il faut rappeler ceux de M. **Bobylev** sur le principe de Hamilton ou d'Astrogadsky; — de M. **H. Struve** sur les satellites, Thétys et Rhia, de Saturne; — de M. **Bonadorff** sur le calcul des arcs des parallèles sur l'ellipsoïde terrestre.

2° Sciences physiques. — C'est surtout la météorologie qui a été étudiée. Les *variations magnétiques* ont été l'objet de nombreuses recherches. M. **Wild** les a mesurées à Pawlowsk au moyen d'appareils perfectionnés et d'un enregistreur photographique d'une grande précision. Les déterminations concordent avec les résultats des calculs entrepris par M. **Müller** pour faire subir aux autres observations de Saint-Pétersbourg et de Pawlowsk la correction des perturbations. M. **Abels**, dans le Nord-Ouest de la Sibérie, M. **Assafry** dans le gouvernement d'Eriwan ont relevé l'un l'inclinaison, l'autre les trois éléments magnétiques. Dans la contrée de la Léna, les variations séculaires de ces trois éléments ont été étudiées pendant l'été 1888 par M. **Stetting** aux stations météorologiques d'Irkoutsk, Iakoutsh, Olekminsk, Witiinsk, Blagwenschtschensky-Priisk et Bauschtschikowo. Ses observations, réduites aux moyennes de 1888, et comparées aux résultats obtenus pour 1829 par Hansteen, Due et Ermann, pour 1870 et les années suivantes par M. Müller et Fritsche, ont conduit à rectifier notablement les cartes magnétiques de la Sibérie. — La *température de l'air* a donné lieu à plusieurs travaux : M. **Wild** a fait voir qu'elle est toujours inférieure à celle qu'indique la méthode d'Assmann. De son côté M. **Leyst**, par l'emploi d'instruments enregistreurs, a démontré que l'erreur commise en lisant les thermomètres *maxima* et *minima* à une heure *quelconque* de la journée peut, aussi bien pour les *maxima* que pour les *minima*, atteindre plus de 1° C. Il a déduit de ses recherches les heures du jour où il faut lire les thermomètres extrêmes, et donné des règles pour corriger les lectures faites à d'autres heures. — La *pression barométrique* a surtout été étudiée par M. **Schönrock**; ce savant a comparé, à ce sujet, les résultats de toutes les observations faites en Europe depuis 1880. En les rapportant à ceux du baromètre de M. Wild, seul *absolu*, et, pour cette raison, généralement adopté, il a constaté que non seulement les divers baromètres normaux employés en Europe diffèrent jusqu'à $\pm$ 0mm, 3 de celui de M. Wild, mais en outre que pour beaucoup d'entre eux les corrections ont même changé de 0mm,2 et plus dans le courant de six années. L'auteur attribue ces changements à plusieurs causes : la capillarité du mercure dans les branches ouvertes des baromètres varie avec l'humidité de l'air; le mercure s'oxyde; enfin les lectures aux baromètres de voyage sont passibles d'inexactitudes. Aussi conclut-il avec M. Wild que les observatoires centraux des différents pays devraient se procurer des instruments vraiment normaux, comme les baromètres maintenant établis à Saint-Pétersbourg, Pawlowsk et Helsingfors. Ces appareils concordent absolument jusqu'à 0mm,01. — *Les orages en Russie* ont vivement attiré l'attention (Mémoires de MM. **Schönrock**, **Kaminsky** et **Kierwonsky**). M. **Berg** a défini la fréquence, l'extension, la marche et le caractère général de ces phénomènes dans toute la Russie en 1886. De son étude il résulte que : 1° La grêle accompagnant les orages est chez nous moins fréquente en été que dans les autres saisons; 2° la période diurne des orages a été déterminée pour chaque mois; 3° la considération de la température et de la pression de l'air est insuffisante pour rendre compte des orages : il faut y joindre celle de l'humidité absolue de l'air. — M. **Gresnevsky** a étudié l'accumulation des neiges par les vents dans la Russie d'Europe. Ces neiges constituent un obstacle considérable à la circulation des trains sur les voies ferrées, surtout dans le Sud et le Sud-Est de notre pays. Le transport de la poste et des voyageurs y est maintenant moins régulier avec les chemins de fer qu'autrefois avec les chevaux, parce que ceux-ci éprouvaient moins d'arrêt du fait des neiges. L'important serait d'être prévenu des endroits les plus menacés afin de les déblayer avant l'arrivée des trains. Les observations organisées dans ce but par les chemins de fer sont absolument insuffisantes. L'auteur a donc cherché une connexion entre l'amoncellement de la neige et les facteurs généraux du temps. Il a dressé trois cartes des cyclones et anticyclones dont dépendent les tempêtes et, pour chaque région de la Russie d'Europe, fait connaître les conditions qui y déterminent des accumulations de neige dangereuses pour les chemins de fer. Il nous a mis en mesure de prédire un jour à l'avance, d'après les isobares de nos cartes synoptiques, la force et la direction du vent en tout endroit de la Russie d'Europe pourvu de voies ferrées ; et il a précisé davantage les faits qui permettent de prévoir la formation de la neige. On augmenterait considérablement l'exactitude de cette prévision par la création d'un service de dépêches relatives à l'état de la couche de neige en un grand nombre de points du territoire. — Signalons enfin les recherches du général **Gadolin** sur la probabilité de la variation des vents, de cet auteur et de M. **Wild** sur la diffusion de la lumière, de M. **Békytoff** sur l'énergie de l'oxydation du rubidium, de M. **Beilstein** sur le dosage de l'antimoine, de M. **Blaese** sur le dosage de la soude en présence de la potasse, de M. **Ribalquine** sur l'équilibre chimique entre HCl et H par rapport aux métaux, de M. **Rusanow** sur les produits de condensation des aldéhydes avec les phénols.

Travaux de la séance. — 1° Sciences physiques. — M. **Wild** présente les *Annales de l'Observatoire physique central pour* 1888. On y trouve les observations météorologiques et magnétiques de Pawlowsk, Catherinenbourg, Irkoutsk, les travaux de 580 stations observant les pluies, 692 observant les orages et 298 stations observant des phénomènes météorologiques variés.

2° Sciences naturelles. — M. **Tschersky** décrit d'après 2518 ossements 25 espèces de mammifères posttertiaires trouvées par MM. Bunge et Foll (expédition de 1885-1886) sur les côtes de la Nouvelle-Sibérie, le long du fleuve Jana et près de l'embouchure de la Léna : Felis tigris, Canis lupus et familiaris, Vulpes lagopus, Ursus maritimus et arctos, Gulo borealis, Phoca foetida Trichechus rosmarus, Spermophilus Eversmanni, Arvicola (2 espèces encore indéterminées), Lemmus obensis, Myodex torquatus, Lepus variabilis, Bison priscus, Ovibos moschatus, Ovis vivicola, Colus soiga, Alces palmatus, Rangifer tarandus, Cervus elaphus, Equus caballus, Rhinoceros thicorhinus, Elephas primigenius. — Dans la collection des « résultats scientifiques des voyages de Przewalski ». M. **Maximovicz** a consacré 2 volumes à la flore de Tangoute, de la Mongolie et du Thibet oriental; son travail s'étend jusqu'à l'Inde, la Perse et le Turkestan chinois, remplissant les lacunes de la flore de l'Asie boréale et centrale. Depuis le Japon jusqu'à l'Asie mineure on connaît donc maintenant, au moins dans ses grands traits, la flore de l'Asie. C'est surtout aux savants russes qu'on doit ce résultat.

O. Backlund, Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 23 janvier 1890

1° Sciences mathematiques. — M. **J. von Hepperger** : Intégration des équations relatives aux perturbations des éléments des comètes périodiques de faible inclinaison, par la Terre, Vénus et Mercure.

2° Sciences physiques. — M. **G. Adler** étudie les variations de la force électrique à travers un mur conducteur. — M. le président **J. Stefan** continue ses recherches sur les ondulations électriques dans les conducteurs rectilignes. Si un courant d'intensité variable parcourt un fil conducteur, entouré d'un tube concentrique également conducteur et isolé du fil, il se produit dans ce tube un courant induit. Le principe précédemment établi du minimum d'énergie magnétique permet de déterminer d'une façon très simple la distribution des courants : l'énergie a visiblement la plus petite valeur possible quand tout le courant central est condensé sur une couche infiniment mince à la surface du fil, et tout le courant induit, condensé sur une couche infiniment mince à la surface interne du tube ; à chaque instant l'intensité du courant induit est égale et de signe contraire à celle du courant inducteur. Dans ces conditions, la force magnétique est nulle dans tout l'espace : sauf dans le milieu isolant qui sépare le fil du tube. Remarquons aussi ce fait très important : le tube forme un écran parfait, aussi bien pour les actions d'induction que pour les actions magnétiques provenant du fil conducteur ; il produit en effet sur tout conducteur extérieur un courant induit égal et de signe contraire à celui que produit le fil intérieur. L'analogie présentée par ce problème avec le problème de la distribution d'une charge d'électricité statique sur deux cylindres concentriques (l'intérieur étant isolé et l'extérieur relié au sol), est ici encore absolument complète ; elle persiste d'ailleurs si les conducteurs ne sont ni concentriques ni de sections circulaires. La vitesse de propagation des ondulations dans le fil est modifiée par la présence du tube ; le champ magnétique ne s'étend en effet qu'au diélectrique interposé entre les deux, la self-induction est donc diminuée dans le fil, elle disparaît même complètement si les deux conducteurs sont concentriques et de section circulaire ; il en résulterait une augmentation de la vitesse de propagation si la capacité demeurait invariable, ce qui a lieu si le tube est isolé ; mais s'il est relié au sol, la capacité du fil intérieur augmente dans la même proportion que diminue sa self-induction et la vitesse de propagation garde sa valeur primitive. On peut encore augmenter la capacité en introduisant entre le tube et le fil un milieu ayant un grand pouvoir diélectrique ; la vitesse de propagation est alors modifiée. Sir W. Thomson a déjà signalé cette influence. Si au voisinage d'un fil parcouru par un courant variable, on place un second conducteur rectiligne et parallèle, le courant primitif se distribue sur la surface du premier fil, les courants induits se distribuent sur chacun d'eux comme le ferait une charge d'électricité statique répandue sur le premier, et la charge induite par influence sur le second supposé relié au sol ; quand le conducteur a une section circulaire, le courant n'est pas également distribué sur sa surface, le côté tourné vers le second conducteur présente une plus grande densité. Dans un tube de Geissler, par exemple, cette condensation pourrait être rendue visible du côté d'un conducteur placé parallèlement au tube ; mais, en réalité, le phénomène pourrait être masqué par la répulsion électro-dynamique qui s'établirait entre les deux conducteurs. Un conducteur placé à côté d'un fil parcouru par un courant variable joue ainsi le rôle d'écran pour les effets magnétiques et les effets d'induction ; l'écran a d'autant plus d'action qu'il entoure plus complètement le fil. M. Hertz a démontré qu'un système de fils tendus parallèlement se comporte comme un plan conducteur ; un pareil système exerce donc le rôle d'écran s'il peut être parcouru par des courants induits ; il ne possède plus, au contraire, cette propriété, s'il n'est le siège d'aucun phénomène d'induction, c'est-à-dire s'il est placé perpendiculairement au courant primaire ; c'est aussi la condition essentielle pour que ce système soit capable de réfléchir les effets d'induction dans l'espace, car ces effets réfléchis sont précisément les effets du courant induit dans la suface du conducteur qui les réfléchit. — M. **Paul Mohr**, en chaufffant à 130° dans un tube scellé, 12 molécules d'aniline avec 1 molécule d'hexachlorure de benzine a obtenu un corps cristallin et soyeux la triphénylimidobenzine) :

$$C^6H^3\begin{cases}(C^6H^5-AzH)\\(C^6H^5-AzH)\\(C^6H^5-AzH)\end{cases}$$

3° Sciences naturelles. — M. **V. von Ebner** discute les questions controversées sur la structure de l'émail des dents. — M. **Franz Toula** adresse un rapport sur ses recherches géologiques dans le Balkan Oriental. Il a traversé la chaîne dans six directions différentes, entre Roustchouk, Varna et Slivno ; il signale la présence des terrains suivants : 1° Quaternaire (Lœss, alluvions fluviales) ; 2° Néogène (*Belvedere Schotter*, étage sarmatique, couches à *Spaniodon*, couches marines de Varna) ; 3° Tertiaire inférieur (calcaires marins des environs de Slivno, probablement oligocènes ; marnes nummulitiques ; horizon à alvéolines près de Varna ; flysch à fucoïdes, en partie) ; 4° Crétacé (flysch à inocérames ; craie sénonienne à faciès anglo-parisien ; Cénomanien analogue aux *Korycaner Schichten* et couches à Orbitolines ; Barrémien de Rasgrad à *Desmoceras difficile ;* Hauterivien de Choumla à *Crioceras Duvali*) ; 5° Jurassique (Lias-Dogger) : affleurements peu nombreux ; 6° Trias (manque à l'Est de Slivno. Les terrains sédimentaires plus anciens font complètement défaut et les roches cristallines sont peu développées. L'important district volcanique du Sud du Balkan, est constitué principalement par des andésites à augite.

Emil Weyr, Membre de l'Académie

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE BERLIN

Séance du 7 février 1890.

M. **E. Budde** : Sur la rotation très rapide d'un corps solide avec un point fixe doué de 3 moments d'inertie différents. — M. **Falke** présente de nouveaux étalons pour la mesure des résistances électriques. Il s'est occupé surtout de la préparation de substances métalliques dont la résistance électrique ne subit pas de changements temporaires comme celle de l'argent et de l'alliage de platine et d'argent. Un alliage de 25 % de nickel et de 75 % de cuivre fut trouvé le meilleur ; la résistance des étalons reste constante même après l'action brusque de la chaleur. Les alliages de cuivre et de manganèse offrent des phénomènes assez curieux. Le coefficient de variation avec la température, étant du reste relativement petit, est positif jusqu'à une certaine température, puis devient négatif. La température correspondant au changement de signe du coefficient est d'autant plus haute que l'alliage est plus riche en manganèse. Les alliages de nickel et de manganèse offrent des phénomènes tout à fait analogues ; seulement la température, où le coefficient change de signe, est plus basse. La résistance de ces alliages de manganèse est relativement grande et constante. — M. Zaegert communique les expériences instituées par M. **Deinda**, à Leipzig, sur les forces électro-motrices que présentent des couches de mercure de températures différentes exposées à des pressions inégales. Dans les couches chaudes il se constitue un courant allant des points de moindre pression aux points de pression plus grande. La force électro-motrice à 100° C., pour une différence de pression de 10 atmosphères, est égale à 0,1 micro-volts.

Dr Hans Jahn.

ACADÉMIE ROYALE DES LINCEI

Séance du 2 février 1890

1° Sciences mathématiques. — M. **Volterra** : Sur les équations différentielles qui se rapportent au calcul des variations. — M. **Péano** : Sur la définition de l'aire d'une surface. — M. **Del Re** : Sur les groupes complets de trois transformations linéaires involutoires dans les espaces à *n* dimensions.

M. **Tacchini** lit une notice nécrologique sur M. Respighi, membre de l'Académie et directeur de l'observatoire du Capitole, mort le 10 décembre 1889, à l'âge de 65 ans. M. Respighi était un savant de grand mérite et d'une grande activité ; il laisse de nombreux travaux d'astronomie et de physique céleste. — M. Tacchini présente à l'Académie le résumé de ses observations sur les *taches, facules et protubérances solaires,* faites à l'observatoire du collège Romain pendant le 4e trimestre de 1889. Il résulte de ses observations, assez nombreuses malgré le mauvais temps, que dans le mois de novembre il y a des jours où les taches manquent complètement ; le même phénomène se reproduit dans le mois suivant et continue dans le mois de janvier 1890. La fréquence et la hauteur des protubérances est aussi en diminution ; il est donc certain que ce calme du soleil qui a commencé en avril 1889 confirme que nous passons par le vrai minimum de l'activité solaire.

2° Sciences physiques. — M. **Pisati** a fait des recherches pour établir si la propagation du flux magnétique dans le fer est un phénomène analogue à celui de la propagation de la chaleur dans des barres chauffées à une seule extrémité, et exposées à l'action refroidissante de l'air. Les expériences exécutées par M. Pisati démontrent que cette analogie existe réellement et que, pour le flux magnétique dans le fer, deux espèces de conductibilités sont à considérer : une conductibilité interne et une conductibilité externe. — M. **Reggiani** décrit ses recherches sur la densité de l'eau de la Méditerranée. Les échantillons de cette eau furent recueillis pendant la campagne hydrographique exécutée sur le *Washington* en 1883, par le contre-amiral Magnaghi, directeur du bureau hydrographique de la Marine Royale à Gênes. Les échantillons de l'eau étaient conservés dans des tubes en verre fermés à la lampe ; M. Reggiani, après avoir exposé la méthode suivie dans ses déterminations, donne des tables, avec les valeurs exactes jusqu'à la sixième décimale, de la densité de l'eau puisée dans différentes stations à des profondeurs qui, de la surface de la mer, vont jusqu'à 2.820 mètres. Il décrit ensuite les aréomètres à immersion totale, imaginés par M. Pisati. Ces aréomètres sont à densité constante et à densité variable. Celui à densité constante repose sur le principe de réduire la densité de l'eau de la mer de façon à la rendre égale à celle de l'aréomètre, en y ajoutant de l'eau distillée ; on calcule le volume du mélange et on en déduit la densité de l'eau de la mer. Pour l'aréomètre à densité variable on réduit, au moyen d'une surcharge, la densité de l'aréomètre jusqu'à égalité avec celle de l'eau de la mer ; le rapport entre le poids ajouté et le volume de l'aréomètre donne la densité de l'eau. Ces aréomètres à immersion totale, ont l'avantage d'éviter l'erreur produite par la tension superficielle des liquides ; en outre ces appareils sont d'un usage facile et rapide à bord des navires. — Sur un rapport de MM. Cerruti et Blaserna, l'Académie approuve la publication dans ses *Mémoires* du travail de M. **Cantone**, relatif à la déformation du fer doux par effet de la magnétisation.

3° Sciences naturelles. — M. **Strüver**, en visitant les carrières de gneiss de Beura dans l'Ossola, a recueilli des échantillons de calcite cristallisée. Il y a découvert de petits cristaux noirâtres, à éclat métallique, de brookite, minéral qui n'avait jamais été trouvé en Italie. Les petits cristaux sont cachés dans l'intérieur de la calcite, ce qui fait qu'ils peuvent facilement échapper à une observation superficielle ; ils sont opaques, et transparents seulement en quelques endroits. Il serait à désirer qu'une plus grande quantité du minéral permît d'ajouter des recherches chimiques aux mesures cristallographiques. — M. **Capellini** ayant eu l'occasion d'examiner des débris fossiles trouvés dans les argiles écaillées de l'Emilia, que l'on croyait appartenir à un crocodile, a reconnu que c'étaient les restes fossiles d'un Ichthyosaure, et précisément de l'*Ichtyosaurus Campylodon*. Au même horizon géologique du Crétacé inférieur appartiennent les Cycadées fossiles que l'on a trouvées dans les fleuves et dans les torrents de l'Emilia. Ces découvertes confirment l'opinion de M. Capellini, qu'une partie des argiles écaillées de l'Emilia doivent être attribuées au Cénomien. — M. **Morpurgo**, sur le conseil de M. Bizzozero, a entrepris des recherches pour reconnaître si, après la section des nerfs vasomoteurs, il se produit une modification de l'activité régénérative de l'organe auquel les nerfs appartiennent. En extirpant à des lapins le ganglion sympathique supérieur d'un seul côté, on voit que dans l'oreille de ce côté le procès de la régénération physiologique est plus manifeste, et que les blessures y guérissent plus rapidement que dans l'oreille du côté où l'on a laissé intact le nerf sympathique. Snellen, en 1857, avait obtenu d'une autre manière les mêmes résultats.

Aux dernières élections de la classe des sciences mathématiques, physiques et naturelles de l'Académie sont nommés membres étrangers quatre savants français : MM. **G. Darboux**, **H. Bazin**, **M. Berthelot**, **J.-B. Chauveau**.

Ernesto Mancini.

NOUVELLES

LA SYNTHÈSE DES FLUORURES DE CARBONE

Aucun chimiste n'avait réussi jusqu'à présent à combiner directement le carbone aux halogènes : fluor, chlore, brome et iode ; fait d'autant plus extraordinaire que l'on connaissait depuis longtemps des composés formés à partir des éléments entre le carbone et plusieurs des métalloïdes.

A la suite des belles recherches qui ont conduit M. Moissan à isoler le fluor, ce savant a montré que ce métalloïde se combine avec une grande énergie aux deux corps simples les plus voisins du carbone, le bore et le silicium. Ces réactions faisaient prévoir la possibilité d'effectuer la synthèse directe de fluorures de carbone. Bientôt, en effet, M. Moissan annonça qu'il était parvenu à faire brûler le charbon dans le gaz fluor. Dans une séance récente de la Société française de Physique (17 janvier 1890) il fit voir à ses auditeurs le spectre d'un gaz fluocarboné.

L'union directe du carbone et du fluor étant ainsi établie, il restait à résoudre deux questions importantes : d'une part, préciser les conditions dans lesquelles ces combinaisons directes s'effectuent, et d'autre part trouver une méthode pratique pour préparer à l'état de pureté ces différents fluorures de carbone prévus dès lors par la théorie. C'est à ce double résultat que viennent de parvenir d'une façon tout à fait indépendante M. Moissan et M. Chabrié.

Les nouvelles expériences de M. Moissan communiquées le 10 février à l'Académie de Sciences ont montré que les nombreuses variétés de carbone se comportent fort différemment vis-à-vis du fluor. C'est là un fait du plus haut intérêt, sur la portée duquel M. Berthelot a spécialement appelé l'attention de l'Académie, en présentant le travail de M. Moissan. Ce savant a montré en effet que le noir de fumée calciné s'enflamme spontanément à la température ordinaire, dès qu'il se trouve en contact avec le fluor pur. Il en est de même du charbon de bois très poreux. Le graphite de la fonte ou le graphite de Ceylan ne prennent feu qu'au dessous du rouge sombre. Le diamant enfin, maintenu à une température voisine de 1000°, ne brûle pas dans le fluor. Quant au produit gazeux qui se forme dans ces combustions, il serait constitué par un mélange de deux fluorures de carbone, dont l'un est le tétrafluorure. D'après les dernières communications de M. Moissan, le même gaz prend naissance lorsqu'on fait passer des vapeurs de tétrachlorure de carbone sur du fluorure d'argent chauffé.

D'autre part, M. Chabrié, déjà très favorablement connu par ses recherches sur les dérivés organiques du sélénium, a présenté le 7 février à la Société chimique de Paris, et le 10 février à l'Académie des Sciences, la première série des expériences qu'il a faites au laboratoire de M. Friedel, et qui l'ont conduit à une méthode fort intéressante de préparation des fluorures de carbone. M. Chabrié a fait réagir en tubes scellés les différents chlorures de carbone, tels que $C Cl^4$, C^2Cl^4, C^2Cl^6 etc, en présence du fluorure d'argent, et il a constaté que, dans ces conditions, il y a production de chlorure d'argent et des fluorures correspondants. Grâce à l'emploi des tubes scellés, au moyen desquels il est possible de prolonger le contact intime des corps jusqu'à réaction complète, on comprend qu'on obtienne ainsi les fluorures de carbone, en quantité théorique et chimiquement purs. Comme l'a fait remarquer M. Friedel, l'intérêt de cette méthode réside donc dans son caractère général. Indépendamment de ces résultats, M. Chabrié a fait connaître, dès le 7 février, un procédé d'analyse du tétrafluorure de carbone CFl^4, aussi rapide que rigoureux, qui lui a permis de déterminer la composition de ce gaz.

Ces recherches fort intéressantes font le plus grand honneur aux deux savants qui les ont exécutées. Elles ouvrent un champ de travail qui promet d'être fructueux, et, à ce titre, elles ne manqueront pas d'attirer l'attention des chimistes.

Ph. A. Guye.

LA LÈPRE DANS LES COLONIES ANGLAISES

On se souvient encore de l'émotion produite par la mort du Père Damien : ce courageux missionnaire vivait depuis dix ans dans l'île de Molokai où sont isolés les lépreux des îles Sandwich et avait contracté lui-même la Lèpre en 1883. Ce martyre n'a pas été stérile, et l'Angleterre s'est émue de l'envahissement progressif de ses colonies par le terrible fléau. Une souscription a été ouverte sous le patronage du Prince de Galles, afin de pouvoir instituer des missions scientifiques dans le double but d'étudier la maladie, tant dans les laboratoires de l'Europe que sur place dans les pays lépreux, et d'établir des léproseries aussi nombreuses que possible.

Les chiffres donnés à cette occasion sont intéressants à plus d'un titre : le recensement de 1881 donnait 131,618 lépreux répandus dans les possessions anglaises de l'Inde, dont 53,886 pour la seule présidence du Bengale ; ce chiffre, certainement au-dessous de la vérité, s'élève aujourd'hui à plus de 200.000. En 1887, on estimait qu'il n'y avait pas plus de 2,000 lépreux, soit 1 pour 100, hospitalisés dans les asiles spéciaux. Ces derniers sont, du reste, parfaitement insuffisants : on en compte 23 seulement pour l'Inde entière, dont 3 dans le Bengale, pouvant contenir 300 malades. C'est à cette pénurie de ressources que doivent parer les fonds recueillis actuellement. Le danger est pressant, paraît-il, car on signale également une augmentation sensible dans le nombre des lépreux de la colonie du Cap.

Dans la Guyane anglaise, en 1831, on comptait 431 lépreux à Demerary, et le dernier recensement donne un chiffre de 1000 individus atteints de Lèpre, soit 1 pour 250 habitants ; cet accroissement a été surtout sensible dans les dix dernières années.

Devant cet envahissement, l'internement des lépreux dans des asiles spéciaux est devenu le mot d'ordre du gouvernement anglais.

Si nous consultons les publications scientifiques anglaises, la contagion de la Lèpre n'y est cependant pas admise sans réserves : M. Jonathan Hutchinson fait observer que les lépreux de Norwège ont émigré en grand nombre aux Etats-Unis, sans y créer un foyer de Lèpre ; de même en Angleterre, les lépreux revenant de l'Inde n'ont pas nécessité l'internement.

Le Dr Abraham a fait le 8 janvier à l' « Epidemiological Society » une communication sur 118 cas de Lèpre observés au Pundjab, dont il lui est impossible de tirer un argument pour la contagion : nous relevons dans sa communication deux points intéressants. C'est d'une part que la nourriture exclusive de poisson ne semble pas être une condition favorable au développement de la Lèpre, comme on l'avait dit ; c'est d'autre part, qu'il existe des cas bien avérés de guérison, ou tout au moins d'amélioration très sensible et prolongée, grâce au traitement, par l'usage interne et externe des huiles de gurjun et de chanlmoogra. Si les résultats n'ont pas toujours paru favorables, c'est que le traitement n'avait pas été suffisamment prolongé et énergique : un malade dont le Dr Philippe (Jamaïque) rapporte l'histoire, a « vécu dans la graisse » suivant son expression, depuis 1879 jusqu'à 1886. Cette opinion a du reste été soutenue par M. Leloir au Congrès International de Dermatologie de Paris (1889).

M. E. Neve qui a observé la Lèpre dans la province de Cachemir, n'est pas moins opposé à l'idée de contagion, ou, du moins ne saurait l'affirmer (*Lancet*, novembre 89.)

Il n'en est pas de même du Dr Kanrin (Norwège), convaincu pour sa part qu'on trouve rarement un lépreux dont on ne puisse prouver les relations avec d'autres lépreux ; si l'on hésite dans le rapprochement de ces faits, c'est en raison de la très longue période d'incubation, qui fait perdre de vue le point de départ (*Lancet*, 25 janvier, 90).

Rapprochons de cette communication l'opinion émise par le Dr Von Wahl, à un congrès de médecins Livoniens, que la Lèpre augmente chaque jour en Livonie, et qu'il n'y a pas de doute sur la communication de cette maladie de personne à personne : dans les nombreux faits qu'il a observés, les ascendants étaient presque toujours indemnes, et d'ailleurs il est à remarquer que les individus atteints de Lèpre deviennent dès le début de leur affection complètement impuissants : l'hérédité ne semble donc pas devoir être admise comme cause principale.

Dr Ray. Durand-Fardel.

Le Gérant : Octave Doin.

Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.